

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ**

**ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГОРОДСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА имени А. Н. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**для выполнения лабораторных работ**

**по учебной дисциплине**

**«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И МЕХАНИКА ГРУНТОВ»**

*(для студентов всех форм обучения,  
направления подготовки 6.060101 – Строительство)*

Харьков

ХНУГХ им. А. Н. Бекетова

2017

Методические указания для выполнения лабораторных работ по учебной дисциплине: «Инженерная геология и механика грунтов» (для студентов всех форм обучения, направления подготовки 6.060101 – Строительство) / Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова; сост. О. В. Гаврилюк, А. М. Левенко, В. Е. Найденова. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2017. – 69 с.

Составители: **О. В. Гаврилюк, А. М. Левенко, В. Е. Найденова**

**Рецензенты:**

**А. В. Самородов**, кандидат технических наук, доцент Харьковского национального университета строительства и архитектуры;

**В. В. Сухов**, кандидат геологических наук, старший преподаватель Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина

*Рекомендовано кафедрой механики грунтов, фундаментов и инженерной геологии, протокол №1 от 30.08.2015 г.*

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение.....   | 4  |
| Часть I   |    |
| 1. Лабораторные работы к разделу «Инженерная геология».....                         | 5  |
| 1.1 Описание и определение породообразующих минералов .....                         | 5  |
| 1.2 Описание и определение магматических горных пород.....                          | 16 |
| 1.3 Описание и определение осадочных обломочных горных пород.....                   | 20 |
| 1.4 Описание и определение осадочных химических и органических горных пород.....    | 23 |
| 1.5 Описание и определение метаморфических горных пород.....                        | 27 |
| 2. Лабораторные работы к разделу «Механика грунтов».....                            | 32 |
| 2.1 Определение влажности грунта весовым методом.....                               | 33 |
| 2.2 Определение плотности грунта методом режущего кольца.....                       | 34 |
| 2.3 Определение гранулометрического состава песка и степени его неоднородности..... | 37 |
| 2.4 Определение угла естественного откоса песчаного грунта.....                     | 40 |
| 2.5 Определение пределов пластичности глинистых грунтов.....                        | 43 |
| 2. 6 Определение вычисляемых характеристик грунтов.....                             | 48 |
| 2.7 Определение сдвиговых характеристик грунта.....                                 | 54 |
| 2.8 Компрессионные испытания грунтов.....   | 61 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

С целью практического закрепления теоретических положений некоторых разделов дисциплины «Инженерная геология и механика грунтов» в соответствии с рабочими и учебными программами предусмотрено выполнение ряда лабораторных работ.

Методические указания составлены в соответствие с установившейся практикой проведения этих занятий в Харьковском национальном университете городского хозяйства имени А. Н. Бекетова и предназначены для студентов всех форм обучения направления подготовки «Строительство».

Основной задачей методических указаний является оказание помощи студентам в выполнении лабораторных работ по дисциплине «Инженерная геология и механика грунтов».

Учебный план университета предусматривает изучение дисциплины «Инженерная геология и механика грунтов», которая состоит из двух самостоятельных разделов: «Инженерная геология» и «Механика грунтов». Выполнение лабораторных работ при изучении этих разделов имеет свою специфику, поэтому настоящие методические указания состоят из двух частей. Первая часть включает методические указания и классификационные таблицы для выполнения лабораторных работ в разделе «Инженерная геология». Вторая часть содержит методические указания для выполнения лабораторных работ в разделе «Механика грунтов».

# **ЧАСТЬ I**

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ К РАЗДЕЛУ**

### **«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

Основной целью лабораторных работ по Инженерной геологии является ознакомление студентов с методами определения породообразующих минералов и горных пород.

При подготовке к аудиторным занятиям студенты готовят журнал для описания минералов и горных пород, а также изучают теоретический материал по теме лабораторной работы.

Во время выполнения лабораторных работ преподаватель проводит экспресс-опрос студентов по теоретическим вопросам.

Следует знать, что визуальным способом можно определить наиболее общие характеристики горных пород и минералов. Для более детального их изучения необходимо применять микроскопический метод.

#### **1.1 Описание и определение породообразующих минералов**

Основной целью лабораторной работы «Описание и определение породообразующих минералов» является приобретение у студентов определенных навыков в описании и определении важнейших породообразующих минералов.

В начале лабораторного занятия на основании имеющейся коллекции минералов студенты с помощью преподавателя знакомятся с методикой описания и определения породообразующих минералов по внешним признакам. Для этого они готовят специальный журнал (табл. 1.1) и при участии преподавателя описывают и определяют 1-2 минерала. Затем студенты самостоятельно продолжают выполнять лабораторную работу. Во время

выполнения лабораторной работы преподаватель проводит устный опрос студентов по теоретическому материалу раздела.

Лабораторная работа считается выполненной, если студент представил преподавателю журнал с описанием 10-15 минералов и ответил на теоретические вопросы, продемонстрировав при этом соответствующие знания материала.

Таблица 1.1 – Журнал описания породообразующих минералов

| № п/п | Твердость | Цвет | Блеск | Спайность | Излом | Агрегатное состояние | Реакция с HCl | Класс | Химический состав | Название | Другие свойства |
|-------|-----------|------|-------|-----------|-------|----------------------|---------------|-------|-------------------|----------|-----------------|
| 1     | 2         | 3    | 4     | 5         | 6     | 7                    | 8             | 9     | 11                | 12       | 13              |
| 1     |           |      |       |           |       |                      |               |       |                   |          |                 |
| 2     |           |      |       |           |       |                      |               |       |                   |          |                 |
| 3...  |           |      |       |           |       |                      |               |       |                   |          |                 |

***Определение минералов выполняется в таком порядке:***

1. Выбирается образец минерала.
2. По шкале Мооса (или подручными средствами) определяется твердость минерала (табл. 1.3)
3. Определяется цвет и блеск образца минерала.
4. Определяется спайность и излом образца минерала.
5. Устанавливается агрегатное состояние образца минерала.
6. Устанавливают принадлежность минерала к классу карбонатов, для чего капают раствором соляной кислоты (HCl) на образец минерала и наблюдают за реакцией.
7. С помощью классификационной таблице 1.2 устанавливают класс и химическую формулу образца минерала.

8. С помощью классификационных таблиц 1.4 – 1.5 устанавливают название минерала.

9. Все определенные признаки и особенности минерала записывают в журнал описания породообразующих минералов (табл. 1.1) и дополняют ее сведениями о специфических (других) свойствах минерала из таблицы 1.2.

Таблица 1.2 – Классификационная таблица минералов (класс, химический состав, специфические свойства минералов)

| Название минерала | Химическая формула                                  | Специфические свойства  |
|-------------------|---|---|
| 1                 | 2   | 3   |
| КЛАСС СИЛИКАТЫ    |   |   |
| Ортоклаз          | $(K, Na)[AlSi_3O_8]$                                | Прямой угол между плоскостями спайности                                 |
| Микроклин         | $(K, Na)[AlSi_3O_8]$                                | Косой угол между плоскостями спайности                                  |
| Альбит            | $Na[AlSi_3O_8]$                                     | Косой угол между плоскостями спайности                                  |
| Анортит           | $Ca[AlSi_2O_8]$                                     | Косой угол между плоскостями спайности. В чистом виде встречается редко |
| Лабрадор          | Изоморфная смесь альбита и анортита                 | Иризация цвета  |
| Авгит             | $Ca(Mg, Fe, Al)[(Si, Al)_2O_6]$                     | Спайность под углом близким к прямому                                   |
| Оливин            | $(Mg, Fe)_2Si_4$                                    | Хрупкий   |
| Топаз             | $Al_2(F, OH)_2 [SiO_4]$                             | Часто продольная штриховка на гранях                                    |
| Хлорит            | $Mg_4 Al_2 [Si_2 Al_2 O_{18}] (OH)_8$               | Чешуйки не упругие  |
| Мусковит          | $KAl_2 (AlSi_3 O_{10}) (OH, F)_2$                   | Легко расщепляется на тонкие упругие листочки                           |
| Биотит            | $K(Mg, Fe)_3 [AlSi_3 O_{10}] [OH, F]_2$             | Легко расщепляется на тонкие упругие листочки                           |
| Тальк             | $Mg_3 [Si_4 O_{10}] (OH)_2$                         | Мыльный на ощупь  |
| Глауконит         | Водный силикат K, Fe, Al, Mg                        | Хрупкий. Растворяется в концентрированной соляной кислоте               |
| Сerpентин         | $Mg_6 [Si_4 O_{10}] (OH)_8$                         | Пятнистая окраска напоминает кожу змеи                                  |
| Монтмориллонит    | $(Na, Ca)(Al, Mg)_2 (OH)_2 Si_4 O_{10} \cdot nH_2O$ | Обладает подвижной кристаллической решеткой                             |

| 1                          | 2  | 3  |
|----------------------------|--|--|
| Каолинит                   | $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$                         | Жирный на ощупь  |
| Роговая обманка            | $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe,Al})_5(\text{Si,Al})_8\text{O}_{22}(\text{O,OH})_2$ | Придает строительным материалам вязкость                               |
| КЛАСС КАРБОНАТЫ            |  |  |
| Доломит                    | $\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$  | Вскипает в соляной кислоте   |
| Магнезит                   | $\text{MgCO}_3$  |  |
| Сидерит                    | $\text{FeCO}_3$  |  |
| Кальцит                    | $\text{CaCO}_3$  |  |
| Малахит                    | $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$                                 | Вскипает в соляной кислоте, хрупкий                                    |
| КЛАСС СУЛЬФАТЫ             |  |  |
| Гипс                       | $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                                    | Быстро растворяется в воде   |
| Мирабилит                  | $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$                          | Легко растворяется в воде, имеет горько-соленый вкус                   |
| Ангидрит                   | $\text{CaSO}_4$  | Кристаллическая форма встречается редко                                |
| Барит                      | $\text{BaSO}_4$  | Хрупкий  |
| КЛАСС СУЛЬФИДЫ             |  |  |
| Пирит                      | $\text{FeS}_2$   | Грани кристаллов покрыты перпендикулярной штриховкой                   |
| Галенит                    | $\text{PbS}$   | Легко раскладывается   |
| Киноварь                   | $\text{HgS}$   | Может скапливаться в россыпях  |
| Сфалерит                   | $\text{ZnS}$   | Очень сильный блеск  |
| КЛАСС ОКСИДЫ И ГИДРООКСИДЫ |  |  |
| Кварц                      | $\text{SiO}_2$   | Прозрачный или просвечивается  |
| Халцедон                   | $\text{SiO}_2$   | С концентрическими полосами – агат, с примесями глины и песка - кремнь |
| Корунд                     | $\text{Al}_2\text{O}_3$  | Тяжелый минерал  |
| Гематит                    | $\text{Fe}_2\text{O}_3$  | Имеет слабомагнитные свойства  |



| 1                   | 2  | 3   |
|---------------------|--|---|
| Магнетит            | $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$           | Имеет магнитные свойства  |
| Опал                | $\text{Si}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$            | Аморфный минерал  |
| Лимонит             | $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ | Образует псевдоморфозы в виде кубиков по пириту                           |
| КЛАСС ГАЛОИДЫ       |  |   |
| Галит               | $\text{NaCl}$                                      | Имеет соленый вкус  |
| Сильвин             | $\text{KCl}$                                       | Имеет горько-соленый вкус   |
| Флюорит             | $\text{CaF}_2$                                     | При нагреве раскладывается серной кислотой                                |
| КЛАСС ФОСФАТЫ       |  |   |
| Апатит              | $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})[\text{PO}_4]_3$  | Хрупкий, изменяет цвет, растворяется в соляной кислоте                    |
| КЛАСС ВОЛЬФРАМАТЫ   |  |   |
| Вольфрамит          | $(\text{Mn}, \text{Fe})[\text{WO}_4]$              | Высокая плотность   |
| САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ |  |   |
| Графит              | $\text{C}$   | Жирный на ощупь, грязнит руки, чертит на бумаге                           |
| Медь                | $\text{Cu}$  | Минерал ковкий  |
| Сера                | $\text{S}$   | Хрупкий, от спички загорается, горит голубым пламенем, имеет резкий запах |

Таблица 1.3 – Шкала твердости Мооса

| Минерал-эталон | Твердость по Моосу | Упрощенное испытание твердости минерала                                    |
|----------------|--------------------|--|
| Тальк          | 1                  | Царапается мягким карандашом, шелушится ногтем                             |
| Гипс           | 2                  | Царапается ногтем  |
| Кальцит        | 3                  | Царапается медной монетой  |
| Флюорит        | 4                  | Царапается гвоздем   |
| Апатит         | 5                  | Царапается стеклом   |
| Ортоклаз       | 6                  | Царапается лезвием стального ножа  |
| Кварц          | 7                  | Царапается напильником   |
| Топаз          | 8                  | Минералы с твердостью 8-10 среди породообразующих минералов не встречаются |
| Корунд         | 9                  |  |
| Алмаз          | 10                 |  |

Таблица 1.4 – Классификационная таблица минералов (цвет, блеск, твердость)

| № п/п | Название минерала | Цвет   | Блеск                                | Твердость |
|-------|-------------------|--|--------------------------------------|-----------|
| 1     | 2                 | 3  | 4                                    | 5         |
| 1.    | Тальк             | Белый, бледно-зеленый, лазурно-белый                       | Жирный иногда перламутровый          | 1         |
| 2.    | Каолинит          | Белый, желтый, сероватый                                   | Тусклый, жирный иногда перламутровый | 1-2,5     |
| 3.    | Монтмориллонит    | Зеленовато-серый, розовый, светло-зеленый, белый           | Матовый                              | 1-2       |
| 4.    | Хлорит            | Зеленый, темно-зеленый                                     | Стеклянный, перламутровый            | 2-2,5     |
| 5.    | Мусковит          | Бесцветный, со светло-зеленоватым оттенком                 | Стеклянный, перламутровый            | 2,5-3     |
| 6.    | Биотит            | Черный, темно-зелено-черный                                | Стеклянный, перламутровый            | 2,5-3     |
| 7.    | Глауконит         | Темно-зеленый, зеленовато-черный                           | Стеклянный, жирный, матовый          | 2-3       |
| 8.    | Сerpентин         | Светло-зеленый, зеленый, буро-зеленый                      | Жирный                               | 2,5-3,5   |
| 9.    | Ортоклаз          | Белый, розовый, лазурно-серый, красный                     | Стеклянный                           | 6         |
| 10.   | Микроклин         | Белый, розовый, лазурно-серый, красный, зеленый (амазонит) | Стеклянный                           | 6         |
| 11.   | Альбит            | Серый, белый, желтоватый, бесцветный                       | Стеклянный                           | 6-6,5     |
| 12.   | Анортит           | Серый, белый, желтоватый, голубой, розовый                 | Стеклянный                           | 6-6,5     |
| 13.   | Лабрадор          | Серый, темно-серый, зеленовато-серый                       | Стеклянный, перламутровый            | 6         |
| 14.   | Авгит             | Черный, серо-зеленый, бурый                                | Стеклянный                           | 6-6,5     |
| 15.   | Оливин            | Оливково-зеленый, бурый к черному иногда бесцветный        | Стеклянный, жирный                   | 6,5-7     |
| 16.   | Роговая обманка   | Серо-зеленый, темно-бурый к черному                        | Стеклянный, шелковистый              | 5,5-6     |
| 17.   | Топаз             | Бесцветный, голубой, желтый, розовый, зеленый, серый       | Стеклянный                           | 8         |
| 18.   | Графит            | Черный, стально-серый                                      | Металлоидный, жирный, матовый        | 1         |

Продолжение таблицы 1.4

| 1   | 2          | 3   | 4                         | 5       |
|-----|------------|---|---------------------------|---------|
| 19. | Сера       | Соломенно-желтый до бурого, черный                                    | Жирный                    | 1,5-2,5 |
| 20. | Медь       | Медно-красный, на поверхности встречаются черные и зеленоватые налеты | Металлический             | 2,5-3   |
| 21. | Гипс       | Бесцветный, белый, розовый, желтый, серый                             | Стеклянный, шелковистый   | 2       |
| 22. | Мирабилит  | Бесцветный, белый с желтоватым, зеленоватым или синеватым оттенком    | Стеклянный                | 1,5-2   |
| 23. | Ангидрит   | Белый, сероватый, голубой, красный, фиолетовый, бесцветный            | Стеклянный, перламутровый | 3-3,5   |
| 24. | Барит      | Бесцветный, белый, красный, черный, бурый                             | Стеклянный, перламутровый | 3-3,5   |
| 25. | Сильвин    | Белый, бесцветный   | Стеклянный                | 1,5-2   |
| 26. | Галит      | Белый, бесцветный,  | Стеклянный                | 2-2,5   |
| 27. | Флюорит    | Фиолетовый, зеленый, желтый, розовый, бесцветный                      | Стеклянный                | 4       |
| 28. | Кальцит    | Прозрачный, белый, серый, желтый, голубой                             | Стеклянный, перламутровый | 3       |
| 29. | Доломит    | Белый, желтый, серый  | Стеклянный, перламутровый | 3,5-4,5 |
| 30. | Магнезит   | Белый, желтый, серый  | Стеклянный, шелковистый   | 3,5-4,5 |
| 31. | Сидерит    | Серый, желтый, бурый  | Стеклянный, перламутровый | 3,5-4,5 |
| 32. | Малахит    | Изумрудно-зеленый   | Стеклянный, шелковистый   | 3,5-4   |
| 33. | Галенит    | Свинцово-серый, свинцово-черный                                       | Металлический             | 2,5     |
| 34. | Сфалерит   | Бесцветный, желтый, бурый, черный                                     | Алмазный                  | 3,5-4   |
| 35. | Пирит      | Соломенно-желтый  | Металлический             | 6-6,5   |
| 36. | Киноварь   | Ярко-красный, темно-красный до черного                                | Алмазный, металлический   | 2-2,5   |
| 37. | Вольфрамит | Коричнево-серый   | Металлический             | 5-5,5   |
| 38. | Кварц      | Бесцветный, белый, желтый, черный, розовый, голубой                   | Стеклянный                | 7       |

Окончание таблицы 1.4

| 1   | 2        | 3   | 4                         | 5       |
|-----|----------|---|---------------------------|---------|
| 39. | Халцедон | Светло-серый, голубой, красный, зеленый, коричневато-чёрный, оранжевый, молочно-серый | Жирный                    | 6,5     |
| 40. | Гематит  | Красно-бурый, железо-черный   | Стеклянный, металлический | 5,5-6   |
| 41. | Магнетит | Железо-черный   | Металлический             | 5,5-6,5 |
| 42. | Опал     | Красный, желтый, зеленый, голубой   | Перламутровый             | 5,5-6,5 |
| 43. | Корунд   | Серый, синий, красный   | Стеклянный                | 9       |
| 44. | Лимонит  | Розово-желтый, бурый, черный  | Металлический             | 4-5,5   |
| 45. | Апатит   | Зеленый, бурый, желтый, фиолетовый, бесцветный, серый, синий, голубой                 | Стеклянный, жирный        | 5       |

Таблица 1.5 – Классификационная таблица минералов (спайность, излом, агрегатное состояние)

| № п/п | Название минерала | Спайность/ Излом                     | Излом        | Агрегатное состояние  |
|-------|-------------------|--------------------------------------|--------------|---|
| 1     | 2                 | 3                                    | 4            | 5   |
| 1.    | Тальк             | Весьма совершенная в 1-м направлении | Пластинчатый | В виде сплошных плотных, кристаллических или чешуйчато-листовых массы |
| 2.    | Каолинит          | Весьма совершенная в 1-м направлении | Землистый    | Рыхлые землистые массы  |
| 3.    | Монтмориллонит    | Весьма совершенная                   | Землистый    | Плотные землистые массы   |
| 4.    | Хлорит            | Весьма совершенная в 1-м направлении | Неровный     | Кристаллические, листовато-чешуйчатые массы, друзы                    |
| 5.    | Мусковит          | Весьма совершенная                   | Пластинчатый | Пластинки   |
| 6.    | Биотит            | Весьма совершенная в 1-м направлении | Пластинчатый | Пластинки   |

Продолжение таблицы 1.5

| 1   | 2                  | 3                                       | 4                        | 5   |
|-----|--------------------|---|--------------------------|---|
| 7.  | Глауконит          | Весьма<br>несовершенная                 | Неровный                 | Землистые,<br>тонкочешуйчатые,<br>зернистые массы                                       |
| 8.  | Серпентин          | Весьма<br>несовершенная                 | Неровный,<br>занозистый  | Плотные и<br>скрытокристаллические<br>массы   |
| 9.  | Ортоклаз           | Совершенная в 2-х<br>направлениях       | Неровный,<br>ступенчатый | Сплошные<br>крупнокристаллические<br>массы, друзы                                       |
| 10. | Микроклин          | Совершенная в 2-х<br>направлениях       | Неровный,<br>ступенчатый | Кристаллы, сплошные<br>крупнокристаллические<br>массы, друзы                            |
| 11. | Альбит             | Совершенная в 2-х<br>направлениях       | Раковистый               | Кристаллы, сплошные<br>зернистые массы, друзы   |
| 12. | Анортит            | Совершенная в 2-х<br>направлениях       | Раковистый,<br>неровный  | Таблитчатая, в виде<br>зернистых агрегатов  |
| 13. | Лабрадор           | Совершенная в 2-х<br>направлениях       | Неровный                 | Таблитчатая, в виде<br>крупнозернистых масс   |
| 14. | Авгит              | Совершенная в 1-м<br>направлении        | Неровный                 | Кристаллы   |
| 15. | Оливин             | Несовершенная                           | Раковистый               | Кристаллы, в виде<br>сплошных зернистых масс  |
| 16. | Роговая<br>обманка | Совершенная                             | Занозистая               | Столбчатая, игольчатая<br>форма кристаллов, иногда в<br>виде сплошных зернистых<br>масс |
| 17. | Топаз              | Совершенная в 1-м<br>направлении        | Неровный                 | Кристаллы, сплошные или<br>зернистые массы  |
| 18. | Графит             | Весьма совершенная<br>в 1-м направлении | Неровный                 | Пластины, листочки,<br>землистые массы  |
| 19. | Сера               | Несовершенная                           | Раковистый,<br>неровный  | Кристаллы, землистые,<br>плотные или зернистые<br>массы                                 |

Продолжение таблицы 1.5

| 1   | 2         | 3                                    | 4                                   | 5   |
|-----|-----------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| 20. | Медь      | Несовершенная                        | Занозистый                          | Дендриты, сростки, сплошные плотные массы, желваки, натеки    |
| 21. | Гипс      | Весьма совершенная в 1-м направлении | Занозистый, раковистый, волокнистый | Кристаллы, в виде сплошных, игольчатых и пластинчатых массы   |
| 22. | Мирабилит | Совершенная в 1-м направлении        | Раковистый                          | Кристаллы, землистые массы                                    |
| 23. | Ангидрит  | Совершенная в 3-х направлениях       | Неровный                            | Плотные, зернистые массы, прожилки, желваки                   |
| 24. | Барит     | Совершенная в 3-х направлениях       | Неровный                            | Столбчатые, зернистые, землистые массы, конкреции, сталактиты |
| 25. | Сильвин   | Совершенная                          | Неровный                            | Кристаллы, зернистые массы                                    |
| 26. | Галит     | Совершенная в 3-х направлениях       | Неровный                            | Кристаллы, друзы, рыхлые или сплошные плотные массы           |
| 27. | Флюорит   | Совершенная                          | Неровный                            | Кристаллы, вкрапления, друзы, сплошные массы                  |
| 28. | Кальцит   | Совершенная в 3-х направлениях       | Ровный                              | Кристаллы, сплошные зернистые, землистые массы, натеки, друзы |
| 29. | Доломит   | Совершенная в 3-х направлениях       | Ровный                              | Кристаллы, сплошные зернистые, землистые массы, натеки, друзы |
| 30. | Магнезит  | Совершенная в 3-х направлениях       | Раковистый                          | Кристаллы, зернистые или плотные массы, желваки, натеки       |
| 31. | Сидерит   | Совершенная в 3-х направлениях       | Ровный                              | Плотные, зернистые массы, шарообразные конкреции, оолиты      |
| 32. | Малахит   | Совершенная в 1-м направлении        | Неровный                            | Кристаллы, натеки, землистые массы                            |
| 33. | Галенит   | Совершенная в 6-ти направлениях      | Неровный                            | Кристаллы, зернистые массы                                    |
| 34. | Сфалерит  | Совершенная в 3-х направлениях       | Неровный, равный                    | Кристаллы, зернистые массы, щетки, друзы                      |
| 35. | Киноварь  | Совершенная в 1-м направлении        | Раковистый                          | Кристаллы, зернистые, плотные, землистые массы                |

Окончание таблицы 1.5

| 1   | 2          | 3                       | 4                        | 5   |
|-----|------------|-------------------------|--------------------------|---|
| 36. | Пирит      | Отсутствует             | Неровный,<br>раковистый  | Сплошные плотные массы<br>или зернистые массы                                   |
| 37. | Вольфрамит | Совершенная             | Неровный                 | Плотные массы   |
| 38. | Кварц      | Весьма<br>несовершенная | Неровный,<br>раковистый  | Кристаллы, жилы, друзы,<br>плотные крупинка<br>зернистые массы                  |
| 39. | Халцедон   | Весьма<br>несовершенная | Раковистый               | Кристаллы не образует,<br>почковидные образования                               |
| 40. | Гематит    | Весьма<br>несовершенная | Раковистый,<br>землистый | Пластины, чешуйки,<br>плотные, сланцеватые,<br>оолитовые или землистые<br>массы |
| 41. | Магнетит   | Несовершенная           | Раковистый,<br>зернистый | Кристаллы, сплошные<br>плотные или зернистые<br>массы                           |
| 42. | Опал       | Отсутствует             | Раковистый               | Натечные формы, слоистые<br>и пористые агрегаты                                 |
| 43. | Корунд     | Отсутствует             | Неровный                 | Сплошные и плотные массы  |
| 44. | Лимонит    | Весьма<br>несовершенная | Неровный,<br>землистый   | Плотные массы, оолиты,<br>желваки, натёки, землистые<br>массы                   |
| 45. | Апатит     | Несовершенная           | Неровный,<br>раковистый  | Кристаллы, зернистые<br>массы   |

## 1.2 Описание и определение магматических горных пород

Основная задача лабораторной работы – ознакомить студента с главнейшими представителями магматических горных пород и помочь выработать навыки по макроскопическому описанию и определению этих пород.

Лабораторная работа считается отработанной, если студент представил преподавателю журнал (табл. 1.6) с описанием 10-12 горных пород, ответил на теоретические вопросы, продемонстрировав при этом соответствующие знания.

Таблица 1.6 – Журнал описания магматических горных пород

| № п/п | Окраска | Структура | Текстура | Минералогический состав | Группа и подгруппа | Содержание SiO <sub>2</sub> | Название | Применение в строительстве |
|-------|---------|-----------|----------|-------------------------|--------------------|-----------------------------|----------|----------------------------|
| 1     | 2       | 3         | 4        | 5                       | 6                  | 7                           | 8        | 9                          |
| 1     |         |           |          |                         |                    |                             |          |                            |
| 2     |         |           |          |                         |                    |                             |          |                            |
| 3...  |         |           |          |                         |                    |                             |          |                            |

***Определение и описание магматических горных пород выполняется в таком порядке:***

1. Определяем окраску образца горной породы.
2. Определяем структуру и текстуру образца горной породы.
3. С помощью классификационной таблице 1.7 устанавливаем генетическую группу и подгруппу (если деление группы производится на подгруппы), а также минералогический состав образца горной породы.



4. Согласно химической классификации магматических горных пород определяем процентное содержание кремнезёма ( $\text{SiO}_2$ ) в породе по таблице 1.7.

5. С помощью классификационных таблиц 1.8 – 1.9 устанавливают название образца горной породы и ее применение в строительстве.

Таблица 1.7 – Классификационная таблица магматических горных пород (группа, подгруппа, минералогический состав, степень кислотности)

| Название породы     | Генетическая группа /подгруппа/ | Минералогический состав   | Степень кислотности по содержанию $\text{SiO}_2$ |
|---------------------|---------------------------------|---|--|
| 1                   | 2                               | 3   | 4  |
| Пегматит            | Интрузивная                     | Кварц, полевые шпаты /ортоклаз, микроклин/  | Ультракислые >75 %                               |
| Аляскит             |                                 |   |  |
| Гранит              | Интрузивная                     | Кварц, полевые шпаты /ортоклаз или микроклин/, слюда, роговая обманка, авгит                | Кислые 75...65 %                                 |
| Кварцевый порфир    | Эффузивная /палеотипная/        |   |  |
| Липарит             | Эффузивная /кайнотипная/        |   |  |
| Сиенит              | Интрузивная                     | Калиевый полевой шпат/ортоклаз/, средний плагиоклаз/андезит/ роговая обманка, авгит, биотит | Средние 65...52 %                                |
| Бескварцевый порфир | Эффузивная /палеотипная/        |   |  |
| Трахит              | Эффузивная /кайнотипная/        |   |  |
| Диорит              | Интрузивная                     | Андезин, олигоклаз, роговая обманка, биотит, авгит  | Средние 65...52 %                                |
| Порфирит            | Эффузивная /палеотипная/        |   |  |
| Андезит             | Эффузивная /кайнотипная/        |   |  |
| Габбро              | Интрузивная                     | Лабрадор, авгит, роговая обманка, реже оливин и биотит                                      | Основные 52...40 %                               |
| Лабрадорит          | Интрузивная                     |   |  |
| Диабаз              | Эффузивная /палеотипная/        |   |  |
| Базальт             | Эффузивная /кайнотипная/        |   |  |

Продолжение таблицы 1.7

| 1          | 2           | 3   | 4                       |
|------------|-------------|---|-------------------------|
| Дунит      | Интрузивная | Оливин и примесь хромита, магнетита, платины              | Ультраосновные<br><40 % |
| Перидотит  | Интрузивная | Оливин, авгит с примесью роговой обманки, магнетита и др. |                         |
| Пироксенит | Интрузивная | Авгит, оливин   |                         |

Таблица 1.8 – Классификационная таблица магматических горных пород (окраска, структура, текстура)

| № п/п | Название породы     | Окраска                                     | Структура                           | Текстура  |
|-------|---------------------|---|-------------------------------------|---|
| 1     | 2                   | 3   | 4                                   | 5   |
| 1.    | Пегматит            | Светло-серая                                | Полнокристаллическая                | Массивная   |
| 2.    | Аляскит             | Светло-серая                                |                                     |   |
| 3.    | Гранит              | Светло-серая, розовая, мясочная             | Полнокристаллическая, порфировидная | Массивная, полосчатая, пятнистая                        |
| 4.    | Кварцевый порфир    | Бурая, красная, желтая                      | Порфировая                          | Массивная, полосчатая, шлаковая, пятнистая              |
| 5.    | Липарит             | Белая, желтая, светло-серая                 | Порфировая                          | Массивная, полосчатая, шлаковая, пятнистая, флюидальная |
| 6.    | Сиенит              | Светло-серая, белая, розовая                | Полнокристаллическая, порфировидная | Массивная, пятнистая                                    |
| 7.    | Бескварцевый порфир | Светло-красная, желтая, буроватая           | Порфировая                          | Массивная, пятнистая, полосчатая                        |
| 8.    | Трахит              | Светло-серая, белая, желтоватая, буроватая  | Порфировая, скрытокристаллическая   | Шлаковая  |
| 9.    | Диорит              | Светло-серая, темно-серая                   | Полнокристаллическая, порфировидная | Массивная   |
| 10.   | Порфирит            | Темно-серая, зеленовато-серая               | Порфировидная                       | Массивная   |
| 11.   | Андезит             | Светло-серая, серая, бурая, розовая, черная | Порфировидная                       | Массивная, тонкошлаковая                                |

Продолжение таблицы 1.8

| 1   | 2          | 3                                     | 4  | 5                     |
|-----|------------|---------------------------------------|--|-----------------------|
| 12. | Габбро     | Темно-серая, черная, зеленоватая      | Полнокристаллическая                             | Массивная, полосчатая |
| 13. | Лабрадорит | Темно-серая, черная с синим отливом   | Полнокристаллическая                             | Массивная             |
| 14. | Диабаз     | Зеленовато-серая, темно-серая, черная | Порфировая, скрытокристаллическая мелкозернистая | Массивная             |
| 15. | Базальт    | Черная, темно-серая                   | Порфировая, скрытокристаллическая                | Массивная, шлаковая   |
| 16. | Дунит      | Темно-зеленая, светло-зеленая, черная | Полнокристаллическая /средне и мелкозернистая/   | Массивная             |
| 17. | Перидотит  | Темно-серая, черная, темно-зеленая    | Полнокристаллическая /средне и крупнозернистая/  | Массивная             |
| 18. | Пироксенит | Черная, темно-зеленая                 | Полнокристаллическая /крупно и среднезернистая/  | Массивная             |

Таблица 1. 9 – Применение магматических горных пород в строительстве

| № п/п | Название породы     | Применение в строительстве  |
|-------|---------------------|---|
| 1     | 2                   | 3   |
| 1     | Пегматит            | Используются в керамике и как кислотоупорный материал                                       |
| 2     | Аляскит             |   |
| 3     | Гранит              | Для облицовки сооружений, кладки фундамента, волнорезов и т.д., в качестве щебня для бетона |
| 4     | Кварцевый порфир    | В качестве строительного камня, иногда в качестве облицовочного и дорожного материала       |
| 5     | Липарит             |   |
| 6     | Сиенит              | В качестве строительного и дорожного камня, как облицовочный материал, щебень для бетона    |
| 7     | Бескварцевый порфир | В качестве строительного и кислотоупорного камня  |
| 8     | Трахит              |   |
| 9     | Диорит              | В качестве дорожного и ценного облицовочного материала                                      |

Продолжение таблицы 1.9

| 1  | 2          | 3  |
|----|------------|--|
| 10 | Порфирит   | В качестве кислотоупорных плит и щебня. Используют как стеновой, дорожный и поделочный камень                                |
| 11 | Андезит    |  |
| 12 | Габбро     | В качестве щебня для бетона, строительный камень для гидротехнических сооружений, облицовочный и декоративный камень         |
| 13 | Лабрадорит |  |
| 14 | Диабаз     | Как строительный и облицовочный материал в камнелитейной промышленности, в качестве дорожного камня и для производства щебня |
| 15 | Базальт    |  |
| 16 | Дунит      | Сырье для изготовления огнеупорных кирпичей  |
| 17 | Перидотит  | Как поделочные и строительные камни для внутренних украшений зданий  |
| 18 | Пироксенит |  |

### 1.3 Описание и определение осадочных обломочных горных пород

Основная задача лабораторной работы – ознакомить студента с главнейшими представителями осадочных обломочных горных пород и помочь выработать навыки по макроскопическому описанию и определению этих пород.

Лабораторная работа считается отработанной, если студент представил преподавателю журнал (табл. 1.10) с описанием 9 осадочных обломочных горных пород, ответил на теоретические вопросы, продемонстрировав при этом соответствующие знания.

Студенту необходимо описать осадочные обломочные горные породы: брекчия или конгломерат, щебень или галька, дресва или гравий, песок или песчаник, лесс или лессовидный суглинок, глина, суглинок и супесь.

Таблица 1. 10 – Журнал описания осадочных обломочных горных пород

| № п/п | Окраска | Структура | Текстура | Название | Группа, подгруппа | Применение в строительстве | Минералогический состав | Примечание | Реакция с HCl |
|-------|---------|-----------|----------|----------|-------------------|----------------------------|-------------------------|------------|---------------|
| 1     | 2       | 3         | 4        | 5        | 6                 | 7                          | 8                       | 9          | 10            |
| 1     |         |           |          |          |                   |                            |                         |            |               |
| 2     |         |           |          |          |                   |                            |                         |            |               |
| 3...  |         |           |          |          |                   |                            |                         |            |               |

***Определение осадочных обломочных горных пород необходимо выполнять в таком порядке:***

1. Определить окраску образца горной породы.
2. Определить структуру и текстуру образца горной породы.
3. По классификационной таблице 1.11 и по изученному теоретическому материалу установить внешние очертания (угловатые или окатанные) и размер обломков образца горной породы, а также структурные связи между обломками (рыхлые или сцементированные).
4. По классификационной таблице 1.13 установить минералогический состав породы, а также указать применение горной породы в строительстве.
5. В примечании указать принадлежность образца к окатанной или угловатой, сцементированной или рыхлой (связной) разновидности горной породы, а также размер обломков.
6. Капают раствором соляной кислоты (HCl) на образец и наблюдают за реакцией.

Таблица 1.11 – Классификационная таблица осадочных обломочных горных пород (размер обломков, структура)

| Размер обломков, мм | Обломочные породы и форма обломков |           |                           |             | Структура                     |
|---------------------|------------------------------------|-----------|---------------------------|-------------|-------------------------------|
|                     | Рыхлые                             |           | Сцементированные, связные |             |                               |
|                     | Угловатые                          | Окатанные | Угловатые                 | Окатанные   |                               |
| Более 100           | Глыбы                              | Валуны    | Брекчия                   | Конгломерат | Грубо-обломочная (псефитовая) |
| 100-10              | Щебень                             | Галечник  |                           |             |                               |
| 10-2                | Дресва                             | Гравий    |                           |             |                               |
| 2-0,5               | Песок                              |           | Песчаник                  |             | Песчаная (псаммитовая)        |
| 0,5-0,05            | Алеврит (лесс)                     |           | Алевролит                 |             | Пылевая (алевритовая)         |
| Менее 0,05          | Глина                              |           | Аргиллит                  |             | Глинистая (пелитовая)         |

Таблица 1.12 – Классификационная таблица осадочных обломочных горных пород (подгруппа, окраска, текстура)

| Название породы | Подгруппа         | Окраска                         | Текстура                       |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 1               | 2                 | 3                               | 4                              |
| Глыба, валун    | Грубо обломочная  | Различная цветовая гамма        | Слоистая, беспорядочная        |
| Конгломерат     |                   |                                 |                                |
| Галька          |                   |                                 |                                |
| Щебень, брекчия |                   |                                 |                                |
| Гравий          |                   |                                 |                                |
| Дресва          |                   |                                 |                                |
| Песок           | Средне-обломочная | Желтый, серый, зеленый, бурый   | Слоистая, сыпучая              |
| Песчаник        |                   |                                 | Однородная, слоистая           |
| Алеврит (лесс)  | Мелко-обломочная  | Палево-желтый, разнообразный    | Слоистая, однородная, пористая |
| Алевролит       |                   | Серый, темно-серый, бурый и др. | Слоистая                       |
| Глина           | Тонко-обломочная  | Бурый, белый, зеленый и др.     | Слоистая, плотная              |
| Суглинок        |                   | Желто-бурый и др.               |                                |
| Супесь          |                   |                                 |                                |
| Аргиллит        |                   | Темно-серый                     |                                |

Таблица 1.13 – Минералогический состав и применение в строительстве осадочных обломочных горных пород

| Название породы         | Минералогический состав                                  | Применение в строительстве                                    |
|-------------------------|--|---|
| 1                       | 2  | 3   |
| Конгломерат или брекчия | Из обломков пород различного минералогического состава   | Строительный камень   |
| Щебень и галька         |  | В качестве наполнителя бетона, для отсыпки полотна дорог      |
| Гравий и дресва         |  |   |
| Песок и песчаник        | Полевые шпаты, кварц, слюда, глауконит, окислы железа    | В качестве строительных растворов, сырье для получения стекла |
| Лесс (алеврит)          | Глинистые минералы: тонкозернистый кварц, кальцит, гипс  | Сырье для получения кирпича, для строительных растворов       |
| Алевролит               |  |   |
| Глина                   | Песчаные минералы: каолинит, монтмориллонит, глауконит   |   |
| Суглинок                | Глинистые минералы: тонкозернистый кварц, кальцит, гипс. |   |
| Супесь                  | Песчаные минералы: каолинит, монтмориллонит, глауконит   |   |

#### 1.4 Описание и определение осадочных химических и органических горных пород

Основная задача лабораторной работы – ознакомить студента с главнейшими представителями осадочных химических и органических горных пород и помочь выработать навыки по макроскопическому описанию и определению этих пород.

Лабораторная работа считается отработанной, если студент представил преподавателю журнал (табл. 1.14) с описанием горных пород, ответил на теоретические вопросы, продемонстрировав при этом соответствующие знания.

Студенту необходимо описать 5 осадочных химических горных пород: каменная соль, гипс или ангидрит, кремний или кремнистый туф, известняк химический или доломит, мергель, и 3 осадочные органические горные породы: известняк органический, мел, уголь или торф.

Таблица 1.14 – Журнал описания осадочных обломочных горных пород

| № п/п | Окраска | Структура | Текстура | Название | Группа, подгруппа | Применение в строительстве | Минералогический состав | Реакция с HCl |
|-------|---------|-----------|----------|----------|-------------------|----------------------------|-------------------------|---------------|
| 1     | 2       | 3         | 4        | 5        | 6                 | 7                          | 8                       | 9             |
| 1     |         |           |          |          |                   |                            |                         |               |
| 2     |         |           |          |          |                   |                            |                         |               |
| 3...  |         |           |          |          |                   |                            |                         |               |

### ***Определение осадочных химических и органических горных пород***

***необходимо выполнять в таком порядке:***

1. Определить окраску горной породы.
2. Определить структуру и текстуру образца породы.
3. По классификационной таблице 1.15 и по изученному теоретическому материалу установить подгруппу и название образца горной породы.
4. По классификационной таблице 1.16 устанавливаем минералогический состав и применение в строительстве.
5. Капают раствором соляной кислоты (HCl) на образец и наблюдают за реакцией.



Таблица 1.15 – Классификационная таблица химических и органических горных пород (подгруппа, окраска, структура, текстура)

| Название породы        | Под группа  | Окраска                            | Структура   | Текстура                        |
|------------------------|-------------|------------------------------------|---|---------------------------------|
| 1                      | 2           | 3                                  | 4   | 5                               |
| Известняк              | Карбонатная | Белая, светло-серая                | Кристаллическая, оолитовая                              | Плотная, слоистая               |
| Известковый туф        |             | Белая, светло-серая                | Кристаллическая   | Кавернозная, ноздреватая        |
| Доломит                |             | Белая, серая, желтоватая           | Кристаллическая   | Плотная                         |
| Мергель                |             | Серая, светло- и темно-серая и др. | Кристаллическая с элементами микроорганической          | Плотная, иногда слоистая        |
| Известняк органический |             | Желтая, белая, серая               | Макроорганическая                                       | Массивная, однородная, слоистая |
| Песчаный мел           |             | Белая                              | Макроорганическая                                       | Массивная, однородная, слоистая |
| Кремень                | Кремнистая  | Серая, темно-серая, черная         | Кристаллическая, аморфная                               | Плотная, слоистая               |
| Кремнистый туф         |             | Серая, зеленовато и темно-серая    | Аморфная  | Слоистая, пльчатая, плотная     |
| Диатомит               |             | Серая                              | Микроорганическая, аморфная                             | Пористая, слоистая, землистая   |
| Гипс                   | Сульфатная  | Белая, серая                       | Кристаллическая (волокнистая, игольчатая, пластинчатая) | Плотная, слоистая               |
| Ангидрит               |             | Белая, красноватый, голубоватый    | Кристаллическая   | Плотная, слоистая               |
| Каменная соль          | Галоидная   | Светло-серая                       | Кристаллическая   | Плотная, слоистая               |

Продолжение таблицы 1.15

| 1               | 2            | 3                 | 4   | 5                  |
|-----------------|--------------|-------------------|---|--------------------|
| Бурый железняк, | Железистая   | Коричневато-бурая | Аморфная /бобовая, оолитовая, конкреционная / | Слоистая           |
| Торф            | Углеродистая | Бурая, коричневая | Волокнистая                                   | Слоистая, пористая |

Таблица 1.16 – Классификационная таблица химических и органических горных пород (минералогический состав, применение в строительстве)

| Название породы        | Минералогический состав  | Применение в строительстве  |
|------------------------|--|---|
| 1                      | 2  | 3   |
| Известняк              | Кальцит, глинистые минералы                                      | Щебень, облицовочные плиты, архитектурные детали, известь, портландцемент |
| Известковый туф        |  |   |
| Доломит                | Доломит  |   |
| Мергель                | Карбонаты, глинистые минералы (соотношение 1:1)                  | Изготовление цемента  |
| Органический известняк | Кальцит остатков известняковых организмов                        | Щебень, облицовочные плиты  |
| Писчий мел             | Кальцит остатков известковых водорослей раковин                  | Малярные работы, замазка, известь, портландцемент                         |
| Кремень                | Аморфные и кристаллические разновидности кремнезёма              | В качестве цемента  |
| Кремнистый туф         | Аморфный опал  |   |
| Диатомит               | Микроскопические остатки диатомовых водорослей опалового состава | Теплоизолирующие материалы, минеральные добавки в бетон и др.             |

Продолжение таблицы 1.16

| 1               | 2                           | 3   |
|-----------------|-----------------------------|---|
| Гипс            | Гипс, примеси               | Облицовочный материал, внутренних стен, вяжущие материалы |
| Ангидрит        | Ангидрит, примеси           |   |
| Каменная соль   | Галит, примеси              | Не применяется  |
| Бурый железняк, | Лимонит                     | Щебень  |
| Торф            | Фрагменты болотных растений | Изоляционный материал                                     |

## 1.5 Описание и определение метаморфических горных пород

Основная задача лабораторной работы – ознакомить студента с главнейшими представителями метаморфических горных пород и помочь выработать навыки по макроскопическому описанию и определению этих пород.

Лабораторная работа считается отработанной, если студент представил преподавателю журнал (табл. 1.17) с описанием горных пород, ответил на теоретические вопросы, продемонстрировав при этом соответствующие знания, а также показал знание методики определения метаморфических горных пород.

Студенту необходимо описать 5 метаморфических горных пород, представленных в коллекции.

Таблица 1.17 – Журнал описания осадочных обломочных горных пород

| № п/п | Окраска | Структура | Текстура | Название | Группа, подгруппа | Применение в строительстве | Минералогический состав | Реакция с HCl |
|-------|---------|-----------|----------|----------|-------------------|----------------------------|-------------------------|---------------|
| 1     | 2       | 3         | 4        | 5        | 6                 | 7                          | 8                       | 9             |
| 1     |         |           |          |          |                   |                            |                         |               |
| 2     |         |           |          |          |                   |                            |                         |               |
| 3...  |         |           |          |          |                   |                            |                         |               |

**Определение осадочных химических и органических горных пород  
необходимо выполнять в таком порядке:**

1. Определить окраску горной породы.
2. Определить структуру и текстуру образца породы.
3. По классификационной таблице 1.18 и по изученному теоретическому материалу установить подгруппу, тип метаморфизма и название образца горной породы.
4. По классификационной таблице 1.19 и по изученному теоретическому материалу устанавливаем минералогический состав и описываем применение в строительстве исследуемой породы.
5. Капаем раствором соляной кислоты (HCl) на образец и наблюдаем за реакцией.

Таблица 1.18 – Классификационная таблица метаморфических пород

| Название породы     | Окраска  | Структура  | Текстура                     |
|---------------------|--|--|------------------------------|
| 1                   | 2  | 3  | 4                            |
| Мрамор              | Белая, розовая, серая, голубая, черная (редко) и др. | Зернистая, зернисто-кристаллическая                | Массивная                    |
| Кварцит             | Розовый, серый, желтоватый, белый                    | Кристаллически-зернистая, мелко- и среднезернистая | Массивная, изредка сланцевая |
| Роговики            | Серый, темно-зеленый, черный, розовато-серый         | Зернисто-кристаллическая, мелкозернистая           | Массивная, пятнистая         |
| Скарн               | Темно-серый, черный                                  | Кристаллическая, неравномерно зернистая            | Массивная, беспорядочная     |
| Грейзен             | Белый, светло-желтый, светло-коричневый              | Кристаллическая, крупнозернистая                   |                              |
| Серпантин (змеевик) | Оливково-зеленый, темно-зеленый, буро-зеленый        | Кристаллически-зернистая, кристаллическая          | Массивная, волокнистая       |

Продолжение таблицы 1.18

| 1                     | 2  | 3   | 4                                    |
|-----------------------|--|---|--------------------------------------|
| Тектоническая брекчия | Разнообразный                                | Грубообломочная                           | Массивная, беспорядочная, реликтовая |
| Амфиболит             | Темно-зеленый, зеленовато-серый              | Зернисто-кристаллическая                  | Сланцевая массивная                  |
| Глинистый сланец      | Черный, серый, темно-зеленый                 | Микрочешуйчатая                           | Сланцевая                            |
| Филлит                | Зеленый, черный, серый, красный              | Скрыточешуйчатая, микрочешуйчатая         |                                      |
| Слюдяные сланцы       | Светло-желтый, черно-бурый, красновато-серый | Мелкозернистая                            |                                      |
| Тальковый сланец      | Серовато-зеленый, бурый,                     | Кристаллическая, чешуйчатая               | Сланцеватая, плейчатая               |
| Хлоритовый сланец     | Светло-зеленый, темно-зеленый                | Кристаллическая, листовая                 |                                      |
| Гнейс                 | Светло-серый, темно-серый, розовый           | Кристаллическая, зернисто-кристаллическая | Гнейсовая, сланцеватая, очковая      |
| Милониты              | Светло-серый, бурый, темно-серый и др.       | Алевритовая                               | Сланцеватая, плейчатая, очковая      |

Таблица 1.19 – Классификационная таблица метаморфических горных пород

| Название породы     | Минералогический состав  | Тип метаморфизма               | Применение в строительстве  |
|---------------------|--|--------------------------------|---|
| 2                   | 3  | 4                              | 5   |
| Массивная подгруппа |  |                                |   |
| Мрамор              | Кальцит, доломит, магнезит   | Регионально–контактовый        | Для скульптурных изделий, как щебень для цветных штукатурок, декоративного бетона |
| Кварцит             | Кварц с примесью слюды, хлорита и др. минералов  | Региональный                   | Для изготовления бетона и как облицовочный камень, декоративный камень            |
| Роговики            | Кварц, слюда (биотит), присутствуют часто полевые шпаты, гранат, магнетит, роговая обманка, пироксенит и др. | Контактовый                    | Практического значения в строительстве не имеют                                   |
| Скарн               | Гранит, пироксен, плагиоклаз, эпидот, карбонатные рудные минералы  | Пневматолитово–гидротермальный |   |
| Грейзен             | Кварц, слюда, (мусковит), турмалин   |                                |   |
| Серпантин (змеевик) | Серпантин, примесь магнетита и хромита   | Региональный                   | Как сырье для получения огнеупорных кирпичей и химических препаратов магния       |
| Амфиболит           | Роговая обманка, средний плагиоклаз, кварц   |                                | В качестве щебня и прекрасного бутового камня                                     |
| Глинистый сланец    | Биотит, хлорит, серицит, кварц, примеси (пирит, углистые частицы, железорудные минералы)                     | Региональный, динамический     | В качестве кровельного материала  |

| 1                   | 2  | 3            | 4  |
|---------------------|--|--------------|--|
| Сланцевая подгруппа |  |              |  |
| Филлит              | Кварц, серицит, хлорит, биотит, альбит                             | Региональный | В качестве кровельного материала   |
| Слюдяные сланцы     | Кварц, слюда, хлорит, примеси (графит, гранат и др.)               |              | Для получения тепло- и электроизоляционных плит  |
| Тальковый сланец    | Тальк с примесью кварца, хлорита и слюды                           |              | В качестве сырья для производства огнеупоров, керамики, а также в бумажной, резиновой и парфюмерной промышленности |
| Хлоритовый сланец   | Хлорит с примесью кварца, талька, слюды, актинолита, магнетита     |              | Применение ограничено  |
| Гнейс               | Кварц, полевые шпаты, слюда, роговая обманка, авгит, амфибол и др. |              | Для сооружения тротуаров, набережных, в качестве бутового камня, щебня   |

## **ЧАСТЬ II**

### **2 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ К РАЗДЕЛУ**

#### **«МЕХАНИКА ГРУНТОВ»**

Проведение лабораторных работ по Механике грунтов необходимо для формирования умений и навыков самостоятельной работы студента при изучении физико-механических свойств грунтов.

Приступая к выполнению лабораторной работы, студент должен ознакомиться с методическими указаниями, в которых изложен порядок проведения опытов, описаны конструкции испытательных приборов и устройств. Студент должен четко усвоить цель и задачи работы.

Перед началом занятий преподаватель проверяет готовность студента к выполнению лабораторной работы и знания правил техники безопасности.

Предварительные данные и результаты испытаний должны фиксироваться студентом во время занятий. Обязательно проставляется размерность всех заданных и полученных величин. Вычисления производятся с точностью до трех знаков.

Отчет по лабораторной работе оформляется в тетрадях. Все схемы, графики, эскизы должны быть аккуратно оформлены.

Зачет по лабораторным работам проводится в виде защиты выполненных работ. Во время зачета студент должен ответить на контрольные вопросы, а также должен знать соответствующие формулы и положения, обязан уметь объяснить устройство приборов, цель и порядок выполнения испытаний, их основные результаты.

По окончании занятия студент должен привести в порядок свое рабочее место.



## 2.1 Определение влажности грунта весовым методом

**Цель работы:** ознакомиться с весовым методом определения влажности грунта.

Влажность грунта (природная влажность) – количество воды, содержащееся в порах грунта в естественных условиях залегания.

### Материалы и оборудование:

- 1) бюксы;
- 2) электронные весы;
- 3) сушильный шкаф;
- 4) эксикатор;
- 5) грунт.

### Ход работы:

1. Для определения влажности весовым методом бюкс примерно на 2/3 объема нужно заполнить исследуемым грунтом. При этом масса пустого бюкса и его индекс должны быть установлены заранее. Индекс представляет собою дробь, числителем которой является номер крышки бюкса, а знаменателем – номер корпуса.

2. Бюкс вместе с грунтовой пробой следует взвесить на электронных весах с точностью до  $0,01$  г и поместить в сушильный шкаф. Высушивание грунта производят при температуре  $100 - 105^\circ\text{C}$  до постоянной массы пробы.

3. Бюкс с высушенным грунтом надо поместить в эксикатор для охлаждения, после чего произвести взвешивание.

4. Результаты испытаний записывают в журнал (табл. 2.1).

5. По результатам испытаний вычисляют влажность грунта по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} \cdot 100\%,$$

где  $m_1$  – масса бюкса с грунтом до высушивания, г;

$m_2$  – масса бюкса с грунтом после высушивания, г;

$m_3$  – масса пустого бюкса, г.

6. Испытания производят не менее 3-х раз, полученные данные записывают в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Журнал определения влажности весовым методом

| № опыта | Индекс бюкса | Масса бюкса с влажным грунтом $m_1$ , г | Масса бюкса с сухим грунтом $m_2$ , г | Масса пустого бюкса $m_3$ , г | Влажность $W$ , % | Среднее значение влажности $W$ , % |
|---------|--------------|---|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------------|
| 1       | 2            | 3                                       | 4                                     | 5                             | 6                 | 7                                  |
| 1       |              |   |                                       |                               |                   |                                    |
| 2       |              |   |                                       |                               |                   |                                    |
| 3       |              |   |                                       |                               |                   |                                    |

Примечание: влажность ( $W$ ) вычисляют с точностью до 0,01.

## 2.2 Определение плотности грунта методом режущего кольца

**Цель работы:** ознакомиться с методом определения плотности грунта (метод режущего кольца).

Плотность грунта ( $\rho$ ) – масса единицы объема грунта в его естественных условиях залегания.

Объемный вес грунта ( $\gamma$ ) – это вес единицы объема грунта.

### Материалы и оборудование:

- 1) режущие кольца;
- 2) пробоотборник;
- 3) электронные весы;
- 4) лабораторный нож;
- 5) штангенциркуль или линейка;
- 6) стеклянные пластины;
- 7) монолит грунта.

### Ход работы:

1. С помощью штангенциркуля измеряют высоту и внутренний диаметр режущего кольца с точностью до 0,1 мм. Вычисляют внутренний объем кольца по формуле:

$$V = \pi \frac{d^2}{4} h,$$

где  $d$  – диаметр кольца, см;

$h$  – высота кольца, см.

2. Кольцо и стеклянную пластину взвешивают с точностью до 0,01 г.

3. Кольцо ставят заостренной стороной на зачищенную поверхность монолита грунта. Легким надавливанием на кольцо погружают его в грунт на 2-3 мм. Затем, обрезаая грунт ножом с внешней стороны кольца, осаживают его на грунтовый столбик диаметром на 0,5-1 мм больше наружного диаметра кольца до полного его заполнения. Грунт ниже кольца подрезается на конус. Кольцо извлекают из монолита. Излишки грунта, выступающего из кольца, осторожно срезают от центра к краям вровень с уровнем кольца (рис. 2.1).

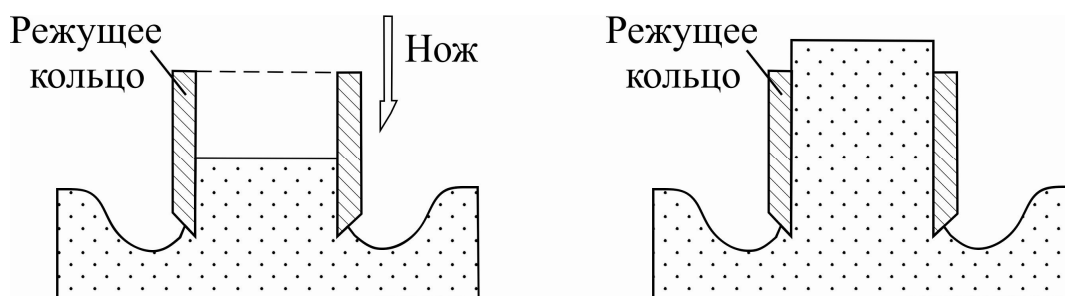


Рисунок 2.1 – Отбор проб грунта методом режущего кольца

4. Кольцо с грунтом на стеклянной пластине протирают снаружи и взвешивают с точностью до 0,01 г.

5. Результаты записывают в журнал (табл. 3.2).

6. Производят расчет плотности грунта по формуле:

$$\rho = \frac{m_2 - m_0 - m_1}{V},$$

где  $m_0$  – масса кольца, г;

$m_1$  – масса стеклянной пластины, г;

$m_2$  – масса кольца с пластиной и грунтом, г.

7. Испытания производят не менее 3-х раз, полученные данные записывают в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Журнал определения плотности грунта

| Номер опыта | Номер кольца | Масса кольца, $m_0$ , г | Масса стеклянной пластины, $m_1$ , г | Масса кольца с пластиной и грунтом, $m_2$ , г | Объем кольца, $V$ , см <sup>3</sup> | Плотность грунта $\rho$ , г/см <sup>3</sup> | Средняя плотность грунта $\rho$ , г/см <sup>3</sup> |
|-------------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------------|---|---|
| 1           | 2            | 4                       | 5                                    | 3   | 6                                   | 7   | 8   |
| 1           |              |                         |                                      |   |                                     |   |   |
| 2           |              |                         |                                      |   |                                     |   |   |
| 3           |              |                         |                                      |   |                                     |   |   |

Примечание: плотность ( $\rho$ ) вычисляют с точностью до 0,01 г/см<sup>3</sup>.

В инженерно-строительной практике для расчетов чаще используют значение объемного веса грунта. Расчет объемного веса грунта производится по формуле:

$$\gamma = \rho \cdot g,$$

где  $\gamma$  – объемный вес грунта, кН/м<sup>3</sup>;

$\rho$  – плотность грунта, г/см<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, для инженерных расчетов принимают равным 10 м/с<sup>2</sup>.

## 2.3 Определение гранулометрического состава песка и степени его неоднородности

**Цель работы:** ознакомиться с ситовым методом определения гранулометрический состав песка.

Гранулометрическим составом грунта называется относительное содержание в них частиц различной крупности. Определение гранулометрического состава заключается в разделении составляющих грунт частиц на отдельные фракции.

### Материалы и оборудование:

- 1) набор сит с отверстиями 0,1; 0,25; 0,5, 1, 2, 5 и 10 мм;
- 2) ступка с резиновым пестиком;
- 3) электронные весы;
- 4) алюминиевые чашки;
- 5) песок.

### Ход работы:

1. Песчаный грунт в воздушно-сухом состоянии осторожно растирают резиновым пестиком для разрушения комков и структурных агрегатов.

2. Набор сит монтируют в колонну, начиная снизу вверх, следующим образом: поддон – сито 0,1 мм – сито 0,25 мм – сито 0,5 мм – сито 1 мм – сито 2 мм – сито 5 мм – сито 10 мм – крышка (рис. 2.2).

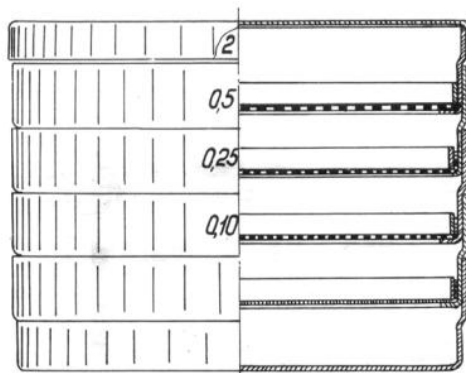


Рисунок 2.2 – Комплект сит для гранулометрического анализа

3. Берут среднюю навеску песка методом квартования. Для этого высушенный образец грунта распределяют ровным слоем на листе плотной бумаги, затем делят на квадраты. Из каждого квадрата отбирают немного песка в состав средней пробы массой 100 г и переносят ее на верхнее сито составленной колонны.

4. Закрывают крышку, просеивают грунт посредством встряхивания колонны в горизонтальной плоскости в течение 3 минут.

5. Разъединив колонну, остатки песчаных частиц с каждого сита и поддона, переносят в алюминиевые чашки, затем взвешивают их с точностью до 0,01 г.

6. Результаты испытаний записывают в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Журнал определения гранулометрического состава песка

| Показатели                                 | Размер фракций, мм |         |            |            |      |
|--|--------------------|---------|------------|------------|------|
|  | >2                 | 2 – 0,5 | 0,5 – 0,25 | 0,25 – 0,1 | <0,1 |
| Масса тары, $m_1$ , г                      |                    |         |            |            |      |
| Масса тары с остатками на ситах, $m_2$ , г |                    |         |            |            |      |
| Масса фракции, $m$ , г                     |                    |         |            |            |      |
| Содержание фракции, А, %                   |                    |         |            |            |      |
| Σ, % менее данного диаметра                |                    |         |            |            |      |

Содержание каждой фракции рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{m}{m_3} 100\% ,$$

где  $m$  – масса фракции, г;

$m_3$  – масса пробы (100 г).

Масса фракции определяется по формуле:

$$m = m_2 - m_1,$$

где  $m_1$  – масса тары (алюминиевой чаши), г;

$m_2$  – масса тары с остатками на ситах, г.

Устанавливаем наименование грунта с помощью классификационной таблицы 2.4.

Таблица 2.4 – Классификация песчаного грунта

| Наименование песка | Распределение частиц по крупности<br>(в процентах от веса сухого грунта) |
|--------------------|--|
| Гравелистый        | Масса частиц крупнее 2 мм составляет более 25%                           |
| Крупный            | Масса частиц крупнее 0,5 мм составляет более 50%                         |
| Средней крупности  | Масса частиц крупнее 0,25 мм составляет более 50%                        |
| Мелкий             | Масса частиц крупнее 0,1 мм составляет более 75%                         |
| Пылеватый          | Масса частиц крупнее 0,1 мм составляет менее 75%                         |

Степень неоднородности гранулометрического состава песка ( $U$ ) определяют по формуле:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}},$$

где  $d_{60}$  – диаметр частиц, мельче которых в данном грунте содержится (по массе) 60 % частиц;

$d_{10}$  – диаметр частиц, мельче которых в данном грунте содержится (по массе) 10 % частиц.

При  $U > 3$  – песок неоднородный по составу частиц.

При  $U \leq 3$  – песок однородный по составу частиц.

Величины  $d_{60}$  и  $d_{10}$  определяются графически по суммарной кривой, построение которой выполняется в прямоугольной системе координат (рис. 2.3), по оси ординат –  $\Sigma$  % фракций менее данного диаметра, по оси абсцисс – величины диаметра частиц, мм.

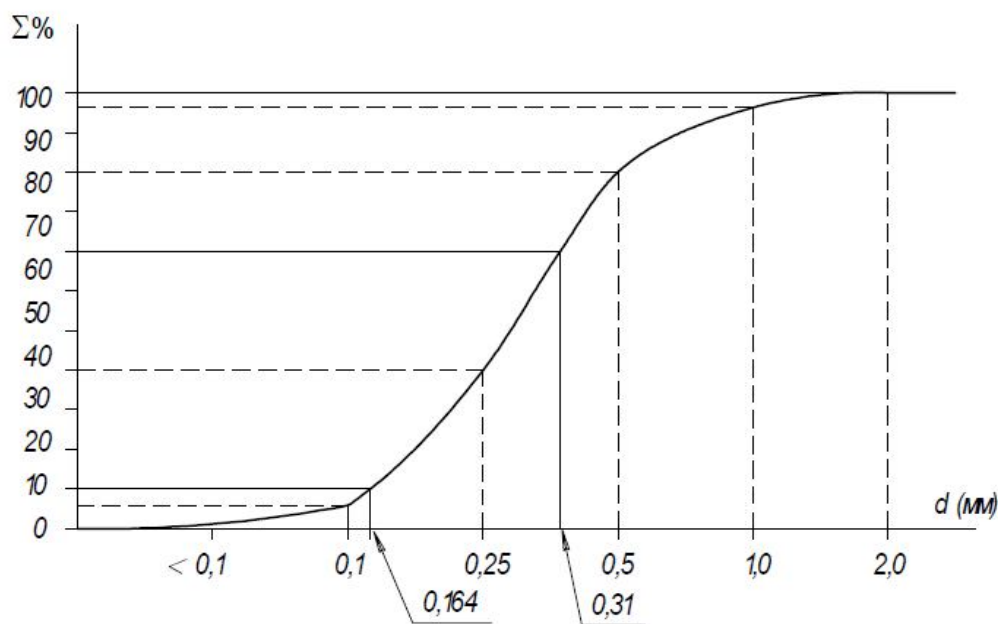


Рисунок 2.3 – Пример суммарной кривой гранулометрического состава песка

### ***Пример определения неоднородности песчаного грунта:***

По суммарно кривой гранулометрического состава находим величины  $d_{60}$  и  $d_{10}$  (рис. 2.3).

Рассчитываем степень неоднородности песчаного грунта:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,31}{0,164} = 1,89$$

Т. к.  $U < 3$ , следовательно, грунт является однородным.

## **2.4 Определение угла естественного откоса песчаного грунта**

**Цель работы:** ознакомиться с лабораторным методом определения угла естественного откоса песчаного грунта в сухом состоянии и под водой.

Угол естественного откоса песков – предельный угол свободного отсыпания песка, при котором грунтовая масса находится в устойчивом состоянии. Этот показатель определяется как в сухом состоянии, так и под водой.



### Материалы и оборудование:

- 1) угломерный ящик;
- 2) лабораторный ящик;
- 3) песок;
- 4) вода.

В лабораторных условиях для нахождения угла естественного откоса песчаного грунта применяют угломерные ящики.

На рисунке 2.4 показана схема угломерного ящика системы И. М. Литвинова, выполненного из оргстекла, в котором имеются приемная камера 1 и распределительная камера 2. Обе камеры разделены задвижкой 3. Ящик снабжен вертикальной и горизонтальной масштабными линейками (4 и 5 соответственно).

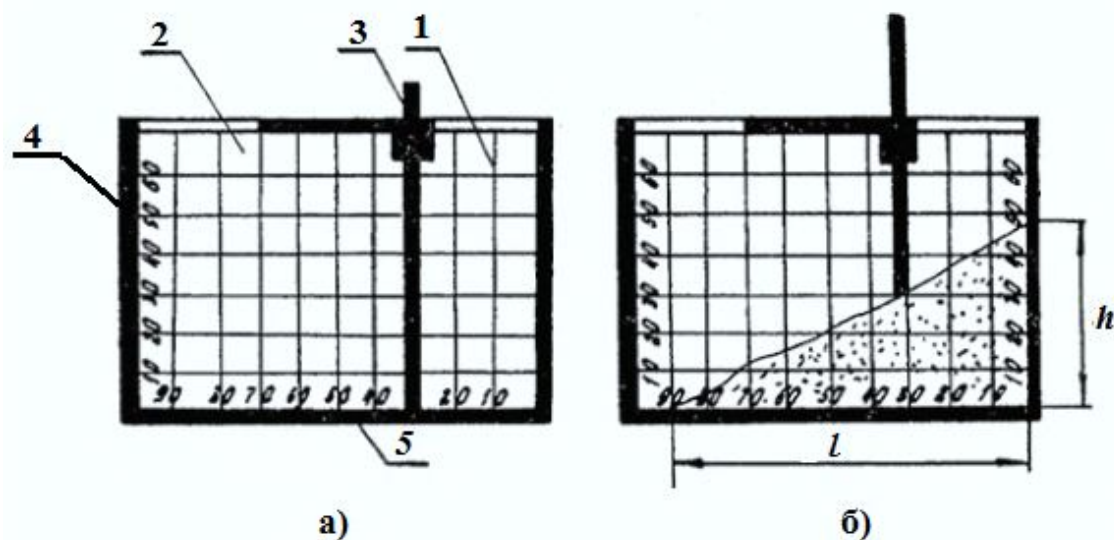


Рисунок 2.4 – Угломерный ящик системы И. М. Литвинова: 1 – приемная камера; 2 – распределительная камера; 3 – задвижка; 4 – вертикальная линейка; 5 – горизонтальная линейка

### Ход работы:

1. В приемную камеру угломерного ящика без уплотнения засыпают песок, излишки которого срезают вровень с краями ящика.

2. Установив угломерный ящик на твердую горизонтальную поверхность, осторожно поднимают задвижку. В результате формируется песчаная призма обрушения, которая на контактной поверхности ящика образует прямоугольный треугольник (рис. 2.4, б).

3. С помощью масштабных линеек измеряют катеты призмы обрушения  $h$  и  $l$ .

4. Угол естественного откоса рассчитывают по формуле:

$$\varphi = \arctg \frac{h}{l},$$

где  $h$  – высота откоса (противоположный катет), см;

$l$  – основание откоса (прилежащий катет), см.

5. Определение угла естественного откоса для насыщенного водой песка производят аналогично вышеописанной методике. До начала испытаний песчаный грунт предварительно замачивают в угломерном ящике водой через отверстие в распределительной камере прибора.

6. Испытания производят не менее 3-х раз, полученные данные записывают в таблицы 2.5 и 2.6.

Таблица 2.5 – Журнал определения угла внутреннего трения песка в сухом состоянии

| Номер опыта | Высота откоса, $h$ , см | Основание откоса, $l$ , см | $tg \varphi = \frac{h}{l}$ | Угол естественного откоса, $\varphi^\circ$ | Среднее значение угла естественного откоса, $\varphi_{cp}^\circ$ |
|-------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|--|--|
| 1           |                         |                            |                            |  |  |
| 2           |                         |                            |                            |  |  |
| 3           |                         |                            |                            |  |  |

Таблица 2.6 – Журнал определения угла внутреннего трения песка под водой

| Номер опыта | Высота откоса, $h$ , см | Основание откоса, $l$ , см | $tg\varphi = \frac{h}{l}$ | Угол естественного откоса, $\varphi^\circ$ | Среднее значение угла естественного откоса, $\varphi_{ср}^\circ$ |
|-------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|--|--|
| 1           |                         |                            |                           |  |  |
| 2           |                         |                            |                           |  |  |
| 3           |                         |                            |                           |  |  |

Примечание: угол естественного откоса песчаного грунта определяют с точностью до  $10'$ .

## 2.5 Определение пределов пластичности глинистых грунтов

**Цель работы:** ознакомиться с лабораторным методом определения нижнего и верхнего предела пластичности глинистого грунта.

При изменении влажности свойства глинистых грунтов существенно меняются. В зависимости от содержания воды, количества и минералогического состава глинистых частиц грунт может иметь твердую, пластичную или текучую консистенцию.

Для классификации глинистых грунтов и оценки их состояния по консистенции необходимо знать те характерные влажности, при которых грунт переходит из твердого состояния в пластичное, а из пластичного состояния в текучее.

Влажность, при увеличении которой грунт переходит из твердого состояния в пластичное, называют нижний предел пластичности ( $W_p$ ) или границей раскатывания.

Влажность, при увеличении которой грунт переходит из пластичного состояния в текучее, называется верхний предел пластичности ( $W_L$ ) или границей текучести.

Поэтому лабораторная работа 2.5 проводится в два этапа: на первом этапе определяют границу раскатывания, а на втором – границу текучести.

## ***Определение границы текучести (верхний предел пластичности)***

### **Материалы и оборудование:**

- 1) бюксы;
- 2) электронные весы;
- 3) металлический стаканчик или круглодонная чашка;
- 4) шпатель;
- 5) балансирующий конус (конус Васильева);
- 6) фарфоровая чаша;
- 7) технический вазелин;
- 8) колба с водой;
- 9) глинистый грунт.

### **Ход работы:**

1. Для определения верхнего предела пластичности (границы текучести) приготовленную грунтовую пасту поместить с помощью шпателя в металлический стаканчик или круглодонную чашку (рис. 2.5).

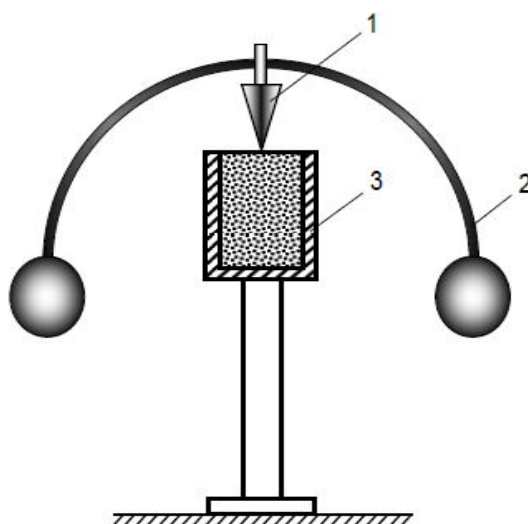


Рисунок 2.5 – Схема определения верхнего предела пластичности (границы текучести) методом балансирующего конуса: 1 – собственно конус; 2 – балансирующее устройство; 3 – стаканчик с грунтовой пастой

2. Стандартный балансирный конус, острие которого должно быть смазано тонким слоем вазелина, установить на поверхность грунтовой пасты и дать возможность погрузиться в грунт под влиянием собственной массы.

3. При погружении конуса на глубину менее 10 мм грунтовую пасту следует вынуть из стаканчика, присоединить к оставшейся пасте, добавить немного дистиллированной воды, тщательно перемешать и повторить операции, указанные в пп. 2 и 3.

4. При погружении конуса на глубину более 10 мм грунтовую пасту из стаканчика следует переложить в фарфоровую чашку, подсушить на воздухе, непрерывно помешивая шпателем, затем повторить операции, указанные в пп. 2 и 3.

5. Погружение конуса в пасту в течение 5 секунд на глубину 10 мм показывает, что грунт имеет влажность, соответствующую границе текучести.

6. По достижении границы текучести из грунтовой пасты отбирают три пробы массой не менее 15 г в заранее подготовленные и взвешенные бюксы и определяют влажность грунта на границе текучести  $W_L$ , весовым методом по методике, описанной в лабораторной работе 2.1.

$$W_L = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} \cdot 100\%,$$

где  $m_1$  – масса бюкса с грунтом до высушивания, г;

$m_2$  – масса бюкса с грунтом после высушивания, г;

$m_3$  – масса пустого бюкса, г.

7. Результаты определений записывают в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 – Журнал определения границы текучести

| Номер опыта | Индекс бюкса | Масса бюкса с влажным грунтом $m_1$ , г | Масса бюкса с сухим грунтом $m_2$ , г | Масса пустого бюкса $m_3$ , г | Верхний предел пластичности $W_L$ , % | Среднее значение верхнего предела пластичности, $W_L (cp.)$ , % |
|-------------|--------------|---|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---|
| 1           | 2            | 3                                       | 4                                     | 5                             | 6                                     | 7   |
| 1           |              |   |                                       |                               |                                       |   |
| 2           |              |   |                                       |                               |                                       |   |
| 3           |              |   |                                       |                               |                                       |   |

Примечание: верхний предел пластичности ( $W_L$ ) вычисляют с точностью до 0,01.

### **Определение границы раскатывания (нижнего предела пластичности)**

#### **Материалы и оборудование:**

- 1) бюксы;
- 2) электронные весы;
- 3) стеклянная пластина;
- 4) фарфоровая чаша;
- 5) колба с водой;
- 6) глинистый грунт.

#### **Ход работы:**

1. Из грунта, растертого после просушивания и просеянного через сито с ячейками 1 мм, и воды готовят в фарфоровой чашке густое грунтовое тесто.

2. Подготовленное грунтовое тесто тщательно перемешивают, берут из него небольшой комочек и раскатывают пальцами на стеклянной пластине, глянцевой бумаге или ладони до образования жгута диаметром около 3 мм. Раскатывание ведут, слегка нажимая на жгут. Длина жгута не должна превышать ширины ладони. Если жгут грунта сохраняет пластичность и связность, его собирают в комочки и вновь раскатывают до диаметра 3 мм.

Операцию повторяют до тех пор, пока жгут диаметром 3 мм, не покроется сетью трещин и начнет распадаться на кусочки длиной до 8-10 мм (рис. 2.6).

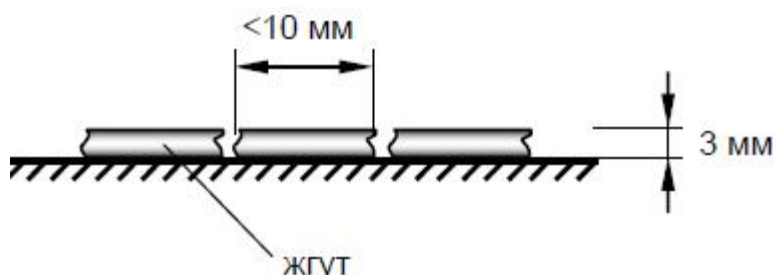


Рисунок 2.6 – Схема определения нижней границы раскатывания

3. Кусочки жгута помещают в заранее взвешенные бюксы. Во время работы для предохранения кусочков жгута от высыхания бюксы следует держать закрытым. Необходимо набрать не менее 10 г кусочков грунта для 3-х бюксов.

4. Далее определяют границу раскатывания ( $W_p$ ) весовым методом по методике, описанной в лабораторной работе 2.1.

$$W_p = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} \cdot 100\%,$$

где  $m_1$  – масса бюкса с грунтом до высушивания, г;

$m_2$  – масса бюкса с грунтом после высушивания, г;

$m_3$  – масса пустого бюкса, г.

5. Результаты испытаний записать в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 – Журнал определения границы раскатывания

| Номер<br>опыта | Индекс<br>бюкса | Масса<br>бюкса с<br>влажным<br>грунтом<br>$m_1, г$ | Масса<br>бюкса с<br>сухим<br>грунтом<br>$m_2, г$ | Масса<br>пустого<br>бюкса $m_3, г$ | Нижний<br>предел<br>пластич-<br>ности<br>$W_p, \%$ | Среднее<br>значение<br>нижнего<br>предела<br>пластич-ности,<br>$W_{p(ср.)}, \%$ |
|----------------|-----------------|--|--|------------------------------------|--|---|
| 1              | 2               | 3  | 4  | 5                                  | 6  | 7   |
| 1              |                 |  |  |                                    |  |   |
| 2              |                 |  |  |                                    |  |   |
| 3              |                 |  |  |                                    |  |   |

Примечание: нижний предел пластичности ( $W_p$ ) вычисляют с точностью до 0,01.

## 2.6 Определение вычисляемых характеристик грунтов

**Цель работы:** ознакомиться с вычисляемыми характеристиками грунтов, определить, плотность сухого грунта (плотность скелета грунта), плотность частиц грунта, удельный вес сухого грунта (скелета), удельный вес частиц грунта, пористость, коэффициент пористости, степень влажности, число пластичности и показатель текучести.

В лабораторной работе необходимо рассчитать производные характеристики грунта и по классификационным таблицам определить его вид, разновидность и т.д.

Примечание: соответствующие показатели грунта, определяемые лабораторными испытаниями берутся из лабораторных работ 2.1 – 2.5.



### Ход работы:

Вычислить производные характеристики грунтов.

1. *Плотность сухого грунта ( $\rho$ )* – отношение массы сухого грунта (частиц грунта) к объему всего грунта. Рассчитывается по формуле:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W},$$

где  $\rho$  – плотность грунта, г/см<sup>3</sup>;

$W$  – влажность грунта, у.е.

2. *Удельный вес сухого грунта ( $\gamma_d$ ) и удельный вес частиц грунта ( $\gamma_s$ )* определяют, умножив соответствующие плотности на ускорение свободного падения ( $g=10$  м/с<sup>2</sup>).

$$\gamma_d = \rho_d \cdot g,$$

$$\gamma_s = \rho_s \cdot g,$$

где  $\rho_d$  – плотность сухого грунта, г/см<sup>3</sup>,

$\rho_s$  – плотность частиц грунта, г/см<sup>3</sup>,

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Плотность частиц грунта ( $\rho_s$ ) – отношение массы сухого грунта к объему твердой части этого грунта. Эту величину можно определить пикнометрическим методом в лабораторных условиях.

Как известно, плотность частиц грунта зависит от его минералогического состава. Плотность же породообразующих минералов колеблется в небольших пределах, поэтому плотность рыхлых песчано-глинистых грунтов, состоящих из этих минералов, практически является постоянной величиной и не зависит от его плотности и влажности.

Для ориентировочных расчетов плотность частиц грунта можно принять:

для песков – 2,66 г/см<sup>3</sup>;

для супесей – 2,7 г/см<sup>3</sup>;

для суглинков – 2,71 г/см<sup>3</sup>;

для глин – 2,74 г/см<sup>3</sup>.

*Примечание: в настоящей лабораторной работа необходимо использовать данные плотности грунта, которые используются для ориентировочных расчетов.*

3. *Пористость (n)* – отношение объема пор к объему всего грунта может быть рассчитана с помощью выражения:

$$n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \cdot 100\%$$

или

$$n = \frac{e}{1 + e} \cdot 100\%.$$

4. *Коэффициент пористости (e)* – отношение объема пор к объему твердых частиц грунта. Рассчитывается по формуле:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$$

или

$$e = \frac{n}{1 - n} = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + w) - 1.$$

По классификационной таблице 2.9 определяем разновидность песчаного грунта.

Таблица 2.9 – Классификация песков по коэффициенту пористости (согласно ДСТУ Б В.2.1-2-1996)

| Разновидность<br>песков | Коэффициент пористости, <i>e</i>       |              |                 |
|-------------------------|--|--------------|-----------------|
|                         | Пески гравелистые<br>средней крупности | Пески мелкие | Пески пылеватые |
| Плотные                 | < 0,55                                 | < 0,60       | < 0,60          |
| Средней плотности       | 0,55–0,70                              | 0,60–0,75    | 0,60–0,80       |
| Рыхлые                  | > 0,70                                 | > 0,75       | > 0,80          |

Определяем по таблице 2.10 условное расчетное сопротивление на песчаные грунты ( $R_0$ )

Таблица 2.10 – Расчетное сопротивление песчаных грунтов (согласно СНиП 2.02.01-83)

| Песчаные грунты  | Расчетное сопротивление песчаных грунтов, $R_0$ , кПа (кгс/см <sup>2</sup> ) |                   |
|--|--|-------------------|
|  | Плотные  | Средней плотности |
| Пески крупные  | 600 (6)  | 500 (5)           |
| Пески средней крупности  | 500 (5)  | 400 (4)           |
| Пески мелкие:<br>маловлажные<br>влажные и насыщенные водой     | 400 (4)  | 300 (3)           |
|  | 300 (3)  | 200 (2)           |
| Пески пылеватые:<br>маловлажные<br>влажные<br>насыщенные водой | 300 (3)  | 250 (2,5)         |
|  | 200 (2)  | 150 (1,5)         |
|  | 150 (1,5)  | 100 (1)           |

*Примечание: для рыхлых песков значения  $R_0$  не устанавливаются. Если исследуемые пески относятся к мелким или пылеватым, расчетное сопротивление определяем для влажного песка.*

5. *Степень влажности грунта (коэффициент водонасыщения) ( $S_r$ )* – степень заполнения пор водой. Расчет степени влажности производится по формуле:

$$S_r = \frac{W\rho_s}{e\rho_w},$$

где  $\rho_w$  – плотность воды, которая равна 1 г/см<sup>3</sup>.

*Примечание: коэффициент пористости для расчета степени влажности принять равный 0,65.*

По классификационной таблице 2.11 определяем разновидность грунта.

Таблица 2.11 – Классификация грунтов по степени влажности (согласно ДСТУ Б В.2.1-2-1996)

| Разновидность грунтов         | Степень влажности, $S_r$ |
|-------------------------------|--------------------------|
| Малой степени водонасыщения   | 0–0,50                   |
| Средней степени водонасыщения | 0,50–0,80                |
| Насыщенные водой              | 0,80–1,00                |

6. *Число пластичности* ( $J_p$ ) – это интервал влажности, при котором глинистые грунты находятся в пластичном состоянии. Определяется по формуле:

$$J_p = W_L - W_p,$$

где  $W_L$  – граница текучести,  $W_p$  – граница раскатывания.

По классификационной таблице 2.12 определяем вид глинистого грунта.

Таблица 2.12 – Классификация глинистых грунтов по числу пластичности (согласно ДСТУ Б В.2.1-2-1996)

| Вид глинистого грунта | Число пластичности ( $J_p$ ) |
|-----------------------|------------------------------|
| Супесь                | 1 – 7                        |
| Суглинок              | 7 – 17                       |
| Глина                 | > 17                         |

7. *Показатель текучести* ( $J_L$ ) – граничная влажность между полутвердым и пластичным состоянием грунта. Показатель текучести глинистых грунтов используется для оценки их консистенции и рассчитывается по формуле:

$$J_L = \frac{w - w_p}{J_p} = \frac{w - w_p}{w_L - w_p},$$

где  $W$  – влажность грунта.

Определяем разновидность глинистого грунта по классификационной таблице 2. 13.

Таблица 2.13 – Классификация глинистых грунтов по показателю текучести (согласно ДСТУ Б В.2.1-2-1996)

| Разновидность грунтов   | Показатель текучести ( $J_L$ )                                   |
|---|--|
| Супесь:<br>твердая<br>пластичная<br>текучая   | < 0<br>0 – 1<br>> 1  |
| Суглинки и глины:<br>твердые<br>полутвердые<br>тугопластичные<br>мягкопластичные<br>текучепластичные<br>текучие | < 0<br>0 – 0,25<br>0,25 – 0,50<br>0,50 – 0,75<br>0,75 – 1<br>> 1 |

По таблице 2. 14 определяем расчетное сопротивление глинистого грунта.

Примечание: для определения расчетного сопротивления глинистого грунта значение коэффициента пористости берется равным 0,65.

Таблица 2.14 – Расчетные сопротивления глинистых (непросадочных) грунтов (согласно СНиП 2.02.01-83)

| Глинистые грунты | Коэффициент пористости<br>грунта, $e$ | $R_0$ кПа (кгс/см <sup>2</sup> ) при<br>консистенции грунта |           |
|------------------|---------------------------------------|---|-----------|
|                  |                                       | $J_L=0$   | $J_L=1$   |
| Супеси           | 0,5                                   | 300 (3)   | 300 (3)   |
|                  | 0,7                                   | 250 (2,5)   | 200 (2)   |
| Суглинки         | 0,5                                   | 300 (3)   | 250 (2,5) |
|                  | 0,7                                   | 250 (2,5)   | 180 (1,8) |
|                  | 1,0                                   | 200 (2)   | 100 (1)   |
| Глины            | 0,5                                   | 600 (6)   | 400 (4)   |
|                  | 0,6                                   | 500 (5)   | 300 (3)   |
|                  | 0,8                                   | 300 (3)   | 200 (2)   |
|                  | 1,1                                   | 250 (2,5)   | 100 (1)   |

Примечание: для грунтов с промежуточными значениями  $J_L$  и  $e$  значения расчетного сопротивления определяется по интерполяции.

## 2.7 Определение сдвиговых характеристик грунта

**Цель работы:** ознакомиться с лабораторным методом определения параметров сопротивления грунта сдвигу; научиться пользоваться одним из методов для получения значений удельного сцепления ( $C$ ) и угла внутреннего трения ( $\varphi$ ) глинистого грунта.

Сопротивление грунтов сдвигу является их важнейшим прочностным показателем. Оно необходимо для расчета устойчивости и прочности оснований, оценки устойчивости откосов, расчета давления грунтов на подпорные стенки и других инженерных расчетов.

Сопротивление грунта сдвигу ( $\tau$ ) обуславливается силами трения и сцепления (связности). И хотя четкого разделения сопротивления сдвигу на силы трения и сцепления не существует, прочностными (сдвиговыми) характеристиками грунта являются: удельное сцепление ( $C$ ), МПа и угол внутреннего трения  $\varphi$ , град.

Эти характеристики являются параметрами линейной зависимости  $\tau = f(\sigma)$ , которая была установлена в 1773 г. Ш. Кулоном. Для песчаных грунтов эта зависимость выражается формулой:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где  $\tau$  – сопротивление сдвигу, МПа;

$\sigma$  – нормальное напряжение по площадкам сдвига, МПа;

$\varphi$  – угол внутреннего трения, град;

$\operatorname{tg} \varphi$  – коэффициент внутреннего трения.

Сопротивление песчаных грунтов сдвигу обусловлено силами трения, прямо пропорционально нормальному давлению. Силы сцепления в сыпучих грунтах незначительны и ими часто пренебрегают.

Графически указанная зависимость изображается прямой, проходящей через начало координат (рис. 2.7 а).

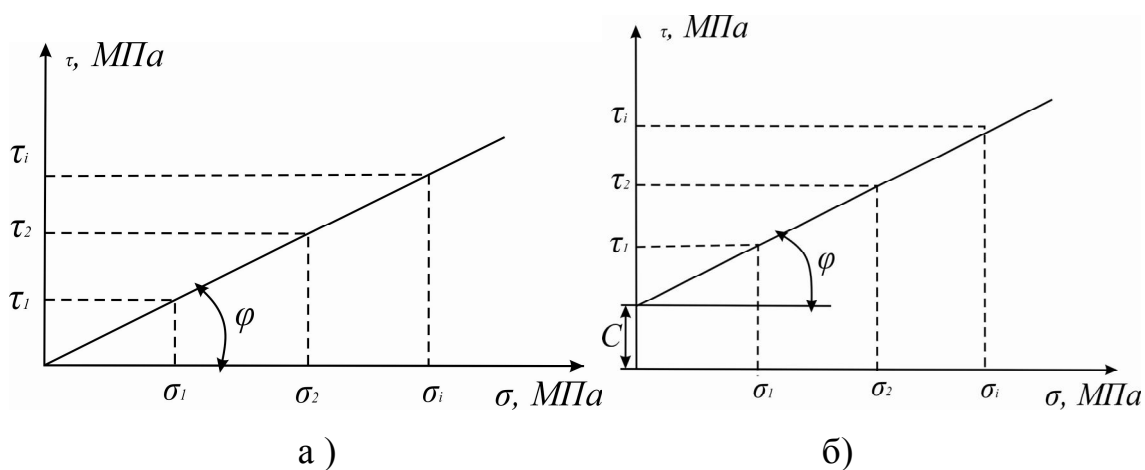


Рисунок 2.7 – График зависимости сопротивления грунта сдвигу от вертикального давления:  
а) для песчаных грунтов, б) для глинистых грунтов

В глинистых грунтах сопротивление сдвигу обусловлено силами трения и сцепления частиц грунта и выражается формулой:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + C,$$

где  $C$  – удельное сцепление грунта.

Графически указанная зависимость изображается прямой, отсекающей отрезок на оси ординат (рис. 2.7 б). Угол внутреннего трения является углом наклона этой прямой к оси абсцисс.

Сдвиговые характеристики  $C$  и  $\varphi$  определяются экспериментальным путем в полевых или лабораторных условиях. Сопротивление сдвигу одного и того же грунта непостоянно и зависит от физического состояния грунта, от условий проведения испытаний. Для получения достоверных результатов испытания на сдвиг должны всегда проводиться в условиях, максимально приближенных к условиям работы грунта под сооружением или в самом сооружении.

Стандартная методика лабораторного определения сопротивления сдвигу песчаных и глинистых грунтов устанавливается нормативными документами.

Согласно этой методике сопротивления грунтов сдвигу ( $\tau$ ) определяется испытанием образцов грунта на одноплоскостных срезных приборах с фиксированной плоскостью среза.

Определение сопротивления грунтов сдвигу производится методами:

- консолидированного (медленного) сдвига, при котором до приложения сдвигающего усилия образец уплотняют соответствующим вертикальным давлением. Испытание проводится в условиях свободного оттока воды (дренирования). Метод применяется для исследования грунтов в условиях уплотненного состояния и дает возможность оценить прочность основания построенного сооружения;

- неконсолидированного (быстрого) сдвига, при котором сдвигающее усилие прикладывается без предварительного уплотнения образца в условиях отсутствия дренирования. Метод применяется для исследования грунтов в условиях нестабилизированного состояния (для суглинков и глин при степени влажности  $S_r \geq 0,85$  и показателе текучести  $J_L \geq 0,5$ ).

Определение сопротивления грунтов сдвигу ( $\tau$ ) необходимо производить не менее чем при трех различных величинах вертикального давления ( $\sigma$ ) на трех образцах грунта, вырезанных из одного однородного по строению и составу монолита или, в необходимых случаях, на образцах, подготовленных в лаборатории.

При проведении данной лабораторной работы будет использоваться сдвижной прибор конструкции И. М. Литвинова ПЛЛ-9 (рис. 2.8).



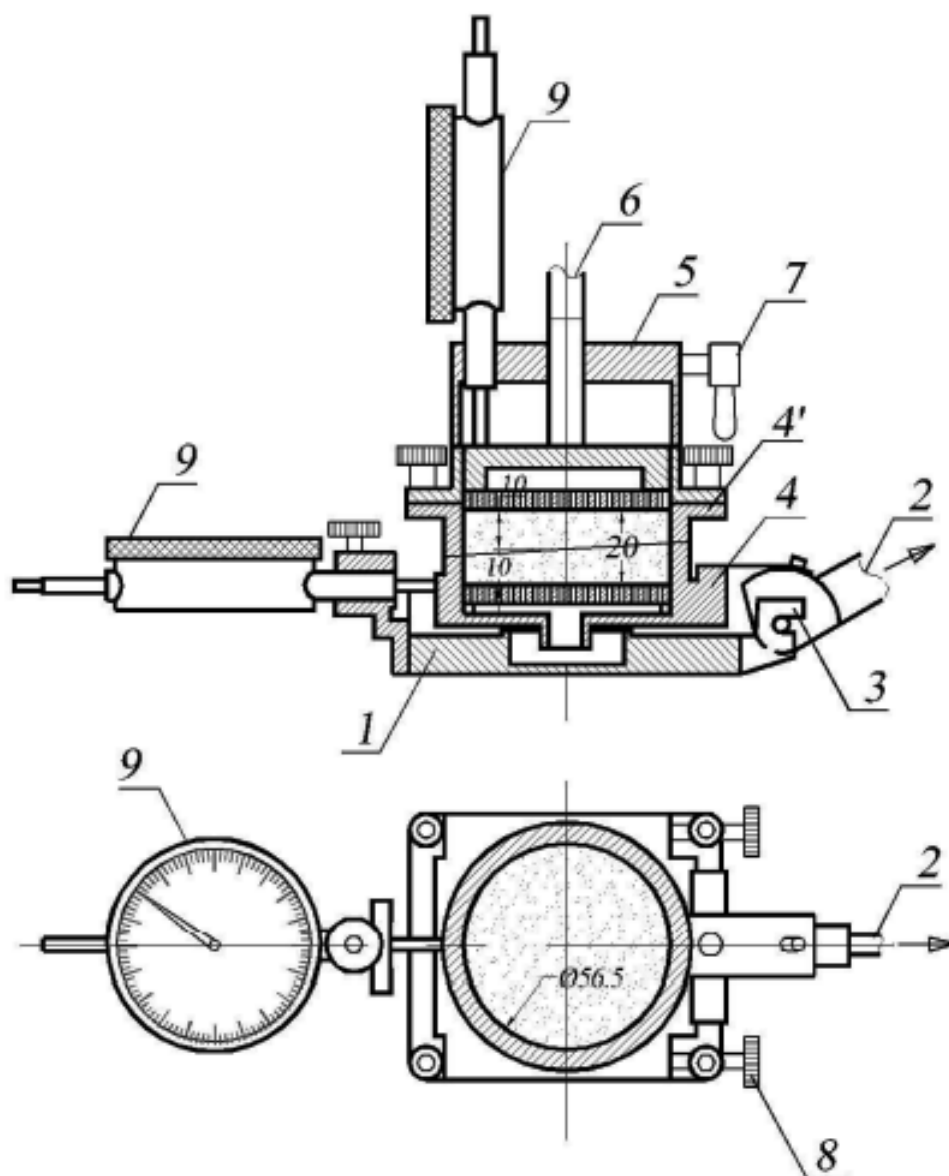


Рисунок 2.8 – Схема одноплоскостного сдвигового прибора ПЛЛ-9: 1 – основание прибора; 2 – рычаг для передачи горизонтальной нагрузки; 3 – опорная часть рычага для горизонтальной нагрузки; 4 – нижняя подвижная часть гильзы для грунта (каретка); 4' – верхняя неподвижная часть гильзы; 5 – направляющий цилиндр; 6 – дренажный поршень со штоком; 7 – зажимной винт; 8 – стопорные винты; 9 – индикатор часового типа

*Примечание: Соотношения в рычажной системе этого прибора таковы, что приложение груза к рабочей подвеске рычага в 1 кг вызывает давление на поршень в 250 Н. Площадь внутреннего сечения компрессионной гильзы равна 25 см<sup>2</sup>, удельное давление на испытываемый грунт равно 0,1 МПа.*

***Определение сдвиговых характеристик грунта методом  
неконсолидированного сдвига***

**Материалы и оборудование:**

- 1) сдвижной прибор,
- 2) гири,
- 3) индикаторы часового типа,
- 4) фильтровальная бумага,
- 5) грунтоотборная гильза (режущее кольцо);
- 6) грунт.

**Ход работы:**

1. Отбирают три образца грунта из одного и того же монолита. Отбирают грунт в режущие кольца  $d = 56,5\text{мм}$  и  $h = 20\text{ мм}$  при помощи грунтоотборника.

2. На дно нижней части прибора укладывают бумажный фильтр. Собирают прибор так, чтобы верхняя и нижняя части прибора представляла собой гильзу высотой 20 мм.

3. Режущее кольцо с отобранным грунтом помещают на верхнюю часть прибора режущей частью вверх.

4. При помощи специального выталкивателя перемещают грунт из кольца в гильзу прибора.

5. Сверху на грунт кладется бумажный фильтр. Устанавливается верхняя часть прибора с поршнем, передающим вертикальное давление. Верхняя часть прибора плотно завинчивается винтами.

6. Уравновешивают телескопический рычаг противовесом, для этого на короткую часть рычага на подвеску кладутся две гири по 0,5 кг.

7. Отпускают зажимный винт поршня и нагружают образец заданным давлением. На первый образец передают вертикальное напряжение равное 0,1 МПа, что соответствует весу гирь на вертикальной подвеске в 10 Н (1 кг). На второй образец передают вертикальное напряжение 0,2 МПа, а на третий – 0,3 МПа.

8. В течение 5 минут грунт только уплотняется.

9. Устанавливают индикатор сбоку прибора так, чтобы острие прибора касалось нижней подвижной части прибора. Закрепляют рычаг, передающий на образец горизонтальную силу.

10. После уплотнения грунта отпускают зажимные винты сбоку прибора и загружают образец горизонтальной нагрузкой. Горизонтальную нагрузку прикладывают ступенями. Каждая ступень нагрузки берется равной 0,1 от уплотняющей нагрузки. Каждую ступень горизонтальной нагрузки выдерживают до условной стабилизации деформации сдвига.

11. За условную деформацию принимают скорость сдвига, не превышающую 0,01 мм в минуту.

12. Отчеты по горизонтально установленному индикатору часового типа берутся в конце каждой минуты, до завершения горизонтальной деформации сдвига данной ступени. Нарращивание сдвигающей нагрузки проводится до тех пор, пока деформация сдвига не достигнет величины 3 мм (что соответствует трём кругам прохождения стрелки индикатора). Соответствующее этой деформации значение срезающей нагрузки фиксируется в журнале испытаний (табл. 2.15), как предельное в условиях опыта, а в графе перемещения подвижной обоймы записывается слово «срез».

Таблица 2.15 – Журнал испытаний грунта на сдвиг

| Вес гирь на вертикальной подвеске, $P, Н$ | Вес гирь на горизонтальной подвеске, $T, Н$ | Нормальное (вертикальное) напряжение, $\sigma, МПа$ | Сдвигающее (горизонтальное) напряжение, $\tau, МПа$ | Показатель индикатора, $u$ | Величина горизонтального перемещения, $\delta, мм$ |
|---|---|---|---|----------------------------|--|
| 10  | 0,01<br>0,02...<br>0,08                     | 0,1   | 0,01<br>0,02...<br>0,08                             |                            |  |
| 20  | 0,02<br>0,04...<br>0,16                     | 0,2   | 0,02<br>0,04...<br>0,16                             |                            |  |
| 30  | 0,03<br>0,06...<br>0,24                     | 0,3   | 0,03<br>0,06...<br>0,24                             |                            |  |

По завершению испытаний прибор должен быть разобран, вычищен, все детали вымыты и просушены.

### Обработка результатов испытаний

По результатам опыта строятся график зависимости сдвигающего напряжения  $\tau$  от горизонтального перемещения подвижной обоймы  $\delta$  (рис. 2.9) и график зависимости предельных сдвигающих напряжений  $\tau_{пред}$  от нормального напряжения  $\sigma$  (рис. 2.10).

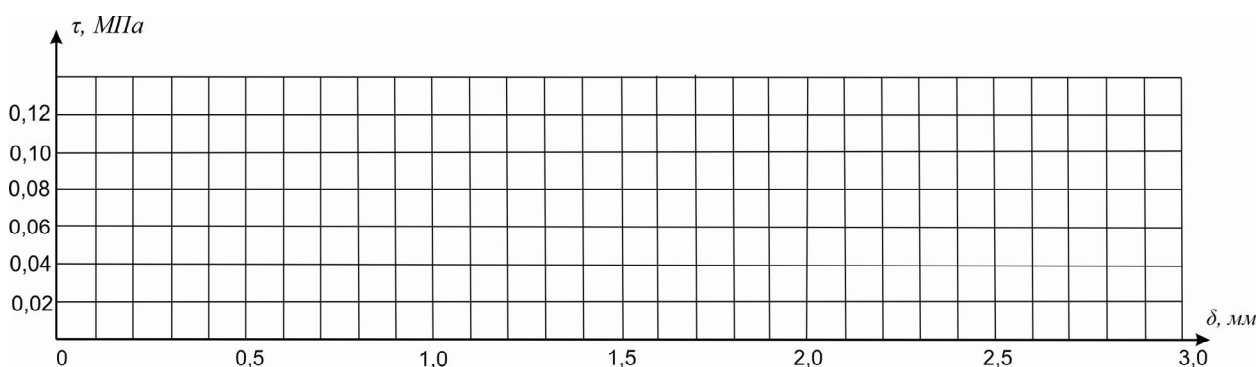


Рисунок 2.9 – График зависимости горизонтального перемещения подвижной обоймы  $\delta$  от сдвигающего напряжения  $\tau$

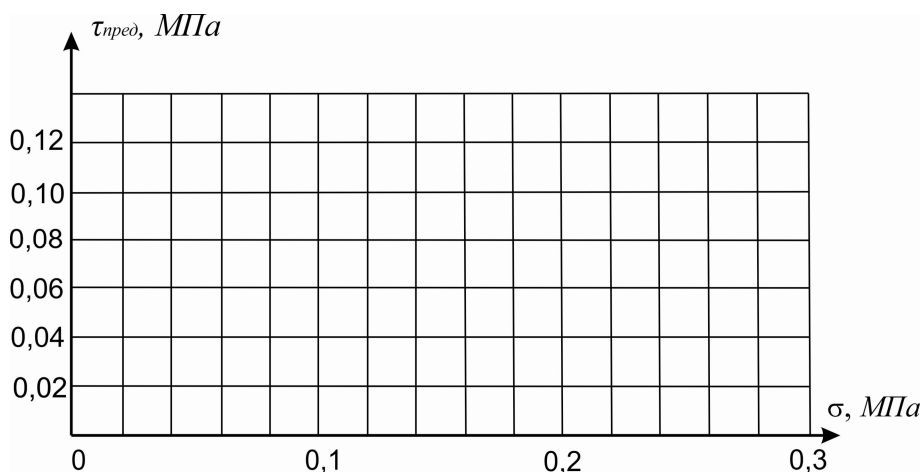


Рисунок 2.10 – График зависимости предельных сдвигающих напряжений  $\tau_{пред}$  от нормальных напряжений  $\sigma$

Угол внутреннего трения  $\varphi$  и удельное сцепление ( $C$ ) вычисляются по формулам:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\tau_3 - \tau_1}{\sigma_3 - \sigma_1},$$

$$C = \tau_1 - \sigma_1 \operatorname{tg} \varphi,$$

где  $\varphi_1$  – максимальное напряжение сдвига грунтового образца, испытанного при уплотняющем вертикальном давлении  $y_1 = 0,1 \text{ МПа}$ ;

$\varphi_2$  – максимальное напряжение сдвига грунтового образца, испытанного при уплотняющем вертикальном давлении  $y_3 = 0,3 \text{ МПа}$ .

## 2.8 Компрессионные испытания грунтов

**Цель работы:** Ознакомиться с лабораторным методом определения сжимаемости грунтов и определить его деформационные характеристики.

Сжимаемость дисперсных грунтов под действием внешней нагрузки является одним из важнейших деформационных свойств.

Деформация уплотнения (сжимаемость) происходят вследствие уменьшения объема пор грунтов за счет более компактного размещения частиц при приложении сжимающих усилий, возникновения взаимных микросдвигов частиц, уменьшения толщины водно-коллоидных плёнок и сопровождается отжатием воды из пор грунта.

Процесс уплотнения грунта завершается не сразу после приложения нагрузки, а составляет некоторый отрезок времени, называемым временем стабилизации деформации. Чем меньше размеры пор грунта, тем медленнее происходит стабилизация.

Показатели сжимаемости дисперсных грунтов необходимы для расчета ожидаемых осадок сооружений и определяются как в лабораторных условиях на образцах с ненарушенной и нарушенной структурой, так и полевой обстановке в условиях естественного залегания грунта. Одним из наиболее распространенных методов лабораторного определения показателей сжимаемости является компрессионное испытание грунта.

Для испытаний грунта применяют компрессионные приборы (одеметры) различных систем. В лабораторной работе будет использоваться прибор ПЛЛ-9 конструкции И. М. Литвинова (рис. 2.11).

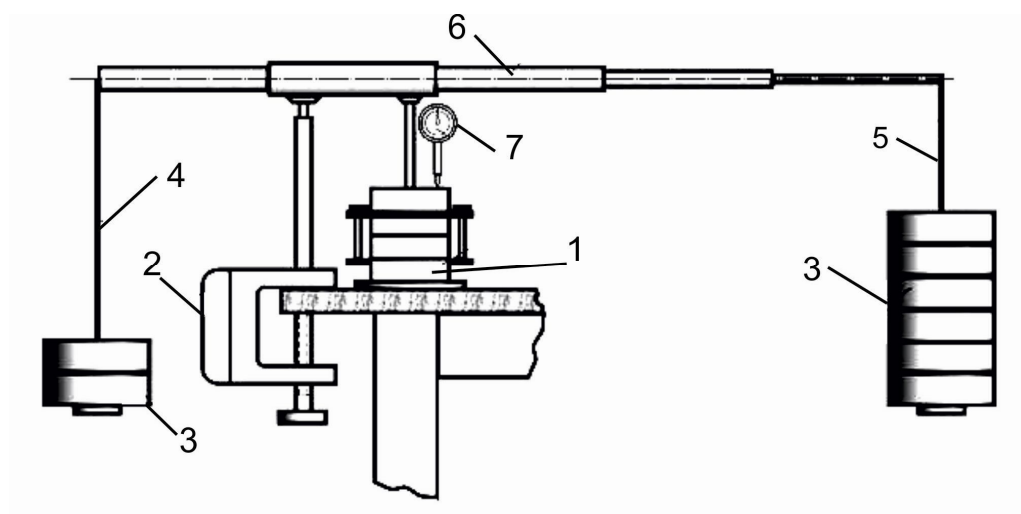


Рисунок 2.11 – Схема компрессионного прибора конструкции И. М. Литвинова:  
1 – основная часть прибора (одеметр); 2 – зажимное устройство; 3 – гири;  
4-5 – подвески к рычагу; 6 – рычажная система; 7 – индикатор часового типа

*Примечание: Соотношения в рычажной системе этого прибора таковы, что приложение груза к рабочей подвеске рычага в 1 кг вызывает давление на поршень в 250 Н. Площадь внутреннего сечения компрессионной гильзы равна 25 см<sup>2</sup>, удельное давление на испытуемый грунт равно 0,1 МПа.*

### Материалы и оборудование:

- 1) одометр в составе прибора конструкции И. М. Литвинова;
- 2) индикатор часового типа;
- 3) гири;
- 4) грунтоотборная гильза (режущее кольцо);
- 5) фильтровальная бумага.
- 6) грунт.

### Ход работы:

#### Установка и загрузка прибора

1. Нижняя часть прибора привинчивается зажимным устройством к столу.

2. Из монолита отбирается образец грунта в грунтоотборную гильзу (режущее кольцо). Грунтоотборная гильза является обоймой для образца грунта при его испытании.

3. На нижнюю часть прибора кладется бумажный фильтр.

4. На бумажный фильтр помещается кольцо с грунтом, режущей кромкой вверх.

5. Грунт закрывается бумажным фильтром и сверху на образец устанавливается поршень с верхним дренажным диском. После этого прибор завинчивают.

6. Поршень устанавливают так, чтобы он только касался верхней поверхности грунта, и закрепляют его винтом, препятствующим вертикальному перемещению поршня.

7. Устанавливают рычажную систему, прикрепляя ее к верхней части зажимного устройства и опирая на призму штока поршня. Рычаг уравнивают в нейтральном положении гири на подвеске противовеса.

8. Закрепляют индикатор в траверзе прибора так, чтобы его стержень, фиксирующий деформацию, упирался в поршень. При этом стержень должен приподняться вверх на 70-80% свободного хода, т.е. на 7-8 мм. При помощи обоймы устанавливают индикатор на нулевое деление.

9. Закончив установку прибора, опускают зажимный винт поршня и приступают к испытанию.

### *Порядок проведения испытания*

1. Загрузку прибора производят ступенями. При первой ступени на образец передается уплотняющее давление равное 0,05 МПа. Для этого на подвеску рычага должен быть уложен груз 1 кг, что создаст усилие на штамп одометра 10 Н. На второй ступени передается уплотняющее давление 0,1 МПа, на третьей – 0,3 МПа и т.д. Предельная величина загрузки устанавливается заданием (обычно 30-40 Н). Отсчеты по индикатору брать через 0,25; 0,5; 1; 2;

5; 10; 20; 30; 60 мин., а затем через каждый час до достижения условной стабилизации деформаций. За условную стабилизацию деформации принимают величину сжатия грунта не более 0,01 мм:

- для песчаных грунтов – за 4 часа;
- супесей – за 10 часов;
- суглинков и глин – за 16 часов.

2. В процессе испытания снимать гири и заменять их другими нельзя. Для сокращения времени студенты берут отсчеты по индикатору с момента приложения каждой ступени через 2, 4 и 8 мин.

3. Результаты испытаний записываются в журнал (табл. 2.15).

4. Абсолютная деформация образца рассчитывается по формуле:

$$\Delta h = H - \Delta H$$

Таблица 2.15 – Журнал испытаний грунта на сдвиг

| Номер ступени нагрузки | Масса гирь на подвеске, кг | Уплотняющее давление $\sigma$ , (МПа) | Время наблюдения        | Показания индикатора | Общая деформация образца, $H$ , мм | Тарировочная поправка, $\Delta H$ , мм | Абсолютная деформация, $\Delta h$ , мм |
|------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------------|--|--|
| 0                      | 0,0                        | 0,00                                  |                         | 0,00                 |                                    |  |  |
| 1                      | 0,5                        | 0,05                                  | 2 мин<br>4 мин<br>8 мин |                      |                                    |  |  |
| 2                      | 1,0                        | 0,1                                   | 2 мин<br>4 мин<br>8 мин |                      |                                    |  |  |
| 3                      | 2,0                        | 0,2                                   | 2 мин<br>4 мин<br>8 мин |                      |                                    |  |  |
| 4                      | 3,0                        | 0,3                                   | 2 мин<br>4 мин<br>8 мин |                      |                                    |  |  |
| 5                      | 4,0                        | 0,4                                   | 2 мин<br>4 мин<br>8 мин |                      |                                    |  |  |



### ***Тарировка одометра***

Под тарировкой одометра понимают определение деформации прибора и бумажных обкладок для каждой ступени загрузки. Суммарное значение деформации прибора и обкладок называется тарировочной поправкой.

#### ***Порядок определения тарировочной поправки***

1. В камеру одометра помещают несжимаемый при небольших давлениях металлический цилиндр – болванку, размеры которой точно соответствуют начальным размерам грунтового образца.

2. К кронштейну компрессионного прибора присоединяют индикатор таким образом, что бы его шток, вдвинутый в корпус индикатора, находился в контакте с крышкой одометра.

3. С помощью инвентарных гирь через каждые 2-3 мин на болванку передают давления, которое позволяет получить в камере одометра давление на грунт 0,05 МПа, 0,1 МПа 0,2 МПа и т.д. Для каждой ступени загрузки определяют тарировочную поправку по индикатору с точностью до 0,01 мм.

В качестве начального отсчета, т.е. показателя индикатора до начала испытания лучше всего иметь так называемый нулевой отсчет, при котором большая и малая стрелки на циферблате прибора совмещены с нулевыми делениями. В этом случае определение тарировочной поправки упрощается.

Полученные данные помещают в таблице 2.16, а затем используют для построения графика тарировочной кривой, которой позволяет получить тарировочную поправку для любого промежуточного значения уплотняющего давления.

Таблица 2.16 – Тарировочные поправки компрессионного прибора

| Уплотняющее давление<br>$\sigma$ , (МПа) | Тарировочная поправка<br>$\Delta H$ , мм |
|--|--|
| 0,00                                     |  |
| 0,50                                     |  |
| 1,00                                     |  |
| 2,00                                     |  |
| 3,00                                     |  |
| 4,00                                     |  |

В качестве примера на рис. 2.12 показана тарифовочная кривая исправного одометра.

| Уплотняющее<br>давление<br>$\sigma$ , (МПа) | Тарифовочная<br>поправка<br>$\Delta H$ , мм |
|---|---|
| 0,00  | 0,00  |
| 0,50  | 0,05  |
| 1,00  | 0,09  |
| 2,00  | 0,12  |
| 3,00  | 0,15  |
| 4,00  | 0,18  |

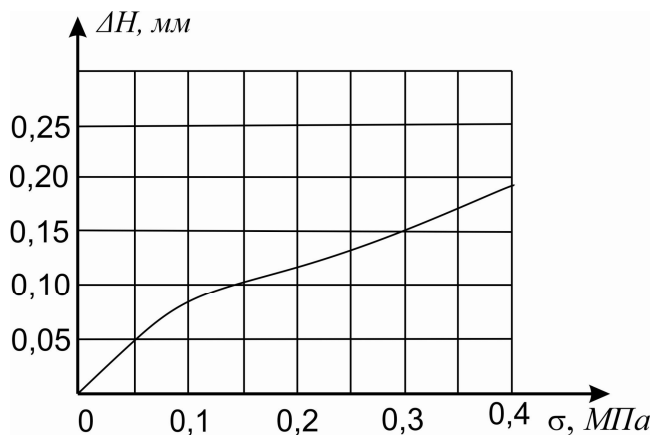


Рисунок 2.12 – Пример графика тарифовочной кривой

По характеру тарифовочной кривой можно судить об исправности компрессионного прибора. Если кривая имеет плавное очертание и указывает на стабилизацию тарировочной поправки, то это свидетельствует об исправности одометра.

### Обработка результатов испытаний:

1. По результатам испытаний построить график зависимости осадки от времени при компрессионном испытании (рис 2.13).

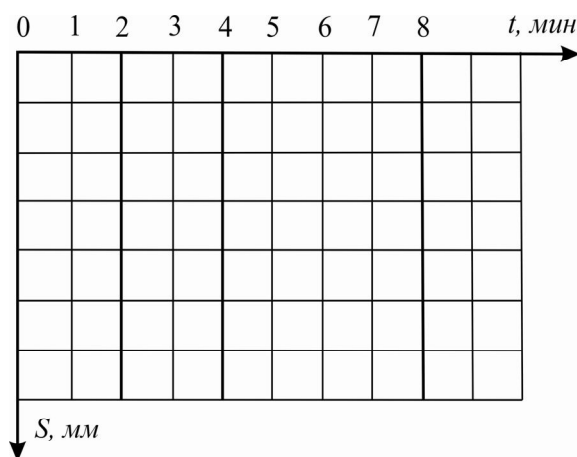


Рисунок 2.13 – График зависимости осадки от времени при компрессионном испытании

2. Вычисляем деформационные характеристики грунта и результаты записываем в таблице 2.17:

Таблица 2.17 – Деформационные характеристики грунта

| Номер ступени нагрузки | Уплотняющее давление $\sigma$ , (МПа) | Относительная деформация образца, $\varepsilon_i$ | Коэффициент пористости грунта, $e_i$ | Коэффициент сжимаемости $m_0$ , МПа <sup>-1</sup> | Модуль общей деформации $E$ , МПа |
|------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------------------|---|-----------------------------------|
| 0                      | 0                                     |   |                                      |   |                                   |
| 1                      | 0,05                                  |   |                                      |   |                                   |
| 2                      | 0,1                                   |   |                                      |   |                                   |
| 3                      | 0,2                                   |   |                                      |   |                                   |
| 4                      | 0,3                                   |   |                                      |   |                                   |
| 5                      | 0,4                                   |   |                                      |   |                                   |

2.1 Относительная деформация образца ( $\varepsilon_i$ ) рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta h}{h},$$

где  $h$  – начальная высота образца (20 мм).

2.2 Коэффициент пористости ( $e_i$ ) при заданном давлении рассчитывается по формуле:

$$e = e_0 - \varepsilon_i (1 + e_0),$$

где  $e_0$  – начальный коэффициент пористости (вычисляют при выполнении практической работы 4.1).

2.3 Коэффициент сжимаемости ( $m_0$ , МПа<sup>-1</sup>) в заданном интервале давлений  $\sigma_i$  и  $\sigma_{i+1}$  рассчитывается по формуле:

$$m_0 = \frac{e_i - e_{i+1}}{\sigma_{i+1} - \sigma_i},$$

где  $e_i$  и  $e_{i+1}$  – коэффициенты пористости, которые отвечают давлениям  $\sigma_i$  и  $\sigma_{i+1}$ .

2.4 Вычисляем модуль деформации ( $E$ , МПа) в интервале давлений  $\sigma_i$  и  $\sigma_{i+1}$  с точностью 0,1 МПа по формуле:

$$E = \frac{1 + e_0}{m_0} \beta,$$

где  $\beta$  – коэффициент, который учитывает отсутствие поперечного расширения грунта в компрессионном приборе и который вычисляют по формуле:

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu},$$

где  $\nu$  – коэффициент поперечной деформации, которую определяют по результатам испытаний в приборах трехосного сжатия.

В случае отсутствия экспериментальных данных допускается принимать  $\nu$ , равным для песков и супесей 0,30-0,35; для суглинков 0,35-0,37; для глин: 0,2-0,3 при  $I_L < 0$ ; 0,3-0,38 при  $0 \leq I_L \leq 0,25$ ; 0,38-0,45 при  $0,25 < I_L \leq 1,0$ . При этом меньшие значения  $\nu$  принимают при большей плотности грунта.

*Примечание: Необходимая точность вычислений: деформация образца – до 0,01 мм; коэффициента пористости до 0,001; коэффициент сжимаемости – до 0,001 МПа<sup>-1</sup>, модуль деформации – до 0,01 МПа.*

### 3. Строим график компрессионной кривой (рис. 2.14).

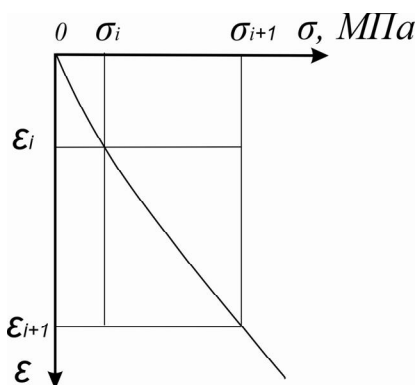


Рисунок 2.14 – График зависимости  $\varepsilon = f(\sigma)$

При построении компрессионной кривой градуировку вертикальной оси графика студент производит в зависимости от величины и интервала изменения коэффициента пористости во время испытания.

*Навчальне видання*

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт  
з навчальної дисципліни

**«ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ ТА МЕХАНІКА ҐРУНТІВ»**

*(для студентів усіх форм навчання  
напряму підготовки 6.060101 – Будівництво)*

(Рос. мовою)

Укладачі **ГАВРИЛЮК** Ольга Володимирівна  
**ЛЕВЕНКО** Ганна Михайлівна  
**НАЙДЬОНОВА** Вікторія Євгеніївна

За авторською редакцією

Відповідальний за випуск *В. Є. Найдьонова*

Комп'ютерне верстання *В. Є. Найдьонова*

План 2016, поз. 16М

---

Підп. до друку 06.07.2017 р.  
Друк на ризографі  
Зам. №

Формат 60x84/16  
Ум. друк. арк. 1,9  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет міського господарства  
імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017 р.